

Grado en Ingeniería Eléctrica
2018 – 2019

Trabajo Fin de Grado

“Nivel de desarrollo actual en España de la infraestructura de recarga para el coche eléctrico”

Alejandro Cascos Leal

Raúl González Pérez

Leganés, julio 2019



[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto] Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**



Universidad
Carlos III de Madrid

Trabajo Fin de Grado. Alejandro Cascos Leal

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	EVOLUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS	3
2.1	Comparativa de vehículos producidos en España.	3
2.2	Matriculaciones anuales según combustible en España.	5
2.3	Matriculaciones anuales según combustible en la Comunidad de Madrid.....	7
2.4	Comparativa de matriculaciones según el tipo de combustible.	9
2.5	Evolución del parque de vehículos según combustible en España.	14
2.6	Evolución del parque de vehículos según combustible en Madrid.	17
2.7	Comparativa del parque de vehículos según el tipo de combustible	19
2.8	Cálculo de la previsión de matriculaciones de vehículos eléctricos.....	24
2.9	Previsiones para la matriculación de vehículos eléctricos en España	25
2.10	Previsiones para la matriculación de vehículos eléctricos en Madrid	27
2.11	Parque de vehículos eléctricos por comunidades autónomas.....	28
3	ESTADO DEL ARTE DE LAS BATERÍAS ELÉCTRICAS	30
3.1	Introducción y conceptos.	30
3.2	Qué tipo de baterías existen en la actualidad.	31
3.2.1	Baterías convencionales.....	31
3.2.2	Baterías de nuevo desarrollo.	35
3.3	Tipo de batería de los vehículos con más autonomía del mercado.	44
3.4	Reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.....	47
4	CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	49
4.1	Introducción al vehículo eléctrico.	49
4.2	Tipología de vehículos eléctricos.	51
4.2.1	Vehículo eléctrico puro.	51
4.2.2	Vehículo eléctrico híbrido enchufable.	53
4.2.3	Vehículo eléctrico híbrido no enchufable.	54
4.2.4	Vehículo eléctrico de autonomía extendida.	56
4.2.5	Comparativa de los diferentes tipos de vehículos eléctricos.	58
4.3	Comparativa de emisiones de un vehículo eléctrico versus su homólogo en gasolina.....	58
5	INTRODUCCIÓN A ITC – BT – 52 Y MODOS DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	61

5.1	Introducción.....	61
5.2	Términos y definiciones.....	62
5.3	Reglamento unificado de puntos de medida (RD 1110/2007).....	64
5.4	Reglamentación principal aplicable a la metrología legal.....	64
5.5	Modos de carga según ITC – BT – 52.....	65
5.5.1	Modo de carga 1.....	66
5.5.2	Modo de carga 2.....	67
5.5.3	Modo de carga 3.....	69
5.5.4	Modo de carga 4.....	70
5.6	Tipos de conexión entre el vehículo eléctrico y la estación de recarga.....	72
5.7	Funciones obligatorias y opcionales de los modos 2,3 y 4.....	77
6	PUNTOS DE CONEXIÓN, CLAVIJAS, BASES Y CONECTORES.....	79
6.1	Estándar de la comisión M/468.....	79
6.2	Tipos de conectores.....	79
6.2.1	Conector Schuko.....	79
6.2.2	Conector SAE J1772 (tipo 1).....	80
6.2.3	Conector Mennekes (tipo 2).....	81
6.2.4	Conector CHAdemo.....	81
6.2.5	Conector SCAME.....	82
6.2.6	Conector CEEform.....	83
6.2.7	Conector CCS (Combined Charging System).....	83
6.2.8	Comparativa de los diferentes tipos de conectores.....	84
6.3	Recarga inductiva.....	85
6.4	Normativa de producto.....	86
7	TIPOS DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	88
7.1	Recarga básica o lenta.....	88
7.2	Recarga semi – rápida o media.....	88
7.3	Recarga rápida.....	89
7.4	Recarga ultrarrápida.....	89
7.5	Cálculo del tiempo de recarga en función del tipo de recarga.....	90
7.5.1	En caso de recarga básica o lenta.....	90
7.5.2	En caso de recarga semi – rápida o media.....	91
7.5.3	En caso de recarga rápida.....	92
7.5.4	En caso de recarga ultrarrápida.....	94

7.6	Comparativa entre los diferentes tipos de recarga.	94
8	DESCLASIFICACIÓN DE GARAJES Y APARCAMIENTOS SEGÚN ITC – BT – 29	96
8.1	Emplazamientos de clase I.	96
8.2	Garajes cerrados. Condiciones para la recarga.	98
	Método para desclasificar garajes. Número de renovaciones de caudal de aire por vehículo.	98
8.2.1	Cálculo mediante un ejemplo generalizado.	99
8.3	Prescripciones generales en los garajes desclasificados.	102
8.3.1	Riesgos mecánicos.	102
8.3.2	Garajes como locales de pública concurrencia.	102
9	PREVISIÓN DE CARGAS. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE VIVIENDAS ..	104
9.1	Ecuación de cálculo de la carga total de un edificio destinado a viviendas.	106
9.2	Protecciones eléctricas de las viviendas con puntos de recarga.	108
9.3	Esquemas de conexión adecuados para la recarga de un vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares.	109
10	PREVISIÓN TEÓRICA DE CARGAS SEGÚN EL ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN.	111
10.1	Previsión según los esquemas 1a, 1b, 1c y 4b.	111
10.2	Previsión según los esquemas individual mixto 2, 3a o 3b (con contador principal para cada estación de recarga).	114
10.3	Previsión si la instalación cuenta con uno o más circuitos adicionales integrados en la instalación de la vivienda según el esquema 4a.	114
10.4	Previsión según los esquemas 2 y 4a.	115
10.4.1	Si se supone una recarga diurna.	115
10.4.2	Si se supone una recarga nocturna.	116
10.5	Ejemplo de cálculo para determinar la previsión de cargas.	118
11	PUNTOS DE RECARGA Y CARACTERÍSTICAS	125
11.1	Puntos instalados en domicilios particulares.	126
11.2	Puntos instalados en Flotas de vehículos privados.	126
11.3	Puntos instalados en flotas de vehículos públicos.	127
11.4	Puntos instalados en edificios comunitarios que dispongan de garaje.	127
11.5	Puntos instalados en vías públicas.	128
11.6	Puntos instalados en centros comerciales.	128
11.7	Puntos instalados en gasolineras reconvertidas en electrolineras.	130
11.8	Requisitos para la instalación para la recarga del vehículo eléctrico.	130

11.8.1	Requisitos generales.	131
11.8.2	Alimentación eléctrica.	134
11.8.3	Canalizaciones.	134
11.8.4	Contadores secundarios de energía.	135
11.8.5	Medidas de protección contra sobreintensidades y diferenciales.	136
11.9	Procedimiento para la instalación de puntos de recarga.	139
11.9.1	Procedimiento para la instalación de un punto de recarga en viviendas. 139	
11.9.2	Procedimiento para la instalación de un punto de recarga en empresas o administraciones.	140
11.9.3	Procedimiento para la instalación de un punto de recarga de uso público. 141	
12	RED PÚBLICA DE RECARGA.	143
12.1	Red pública de recarga de Madrid.	145
12.2	Obtención de los datos correspondientes a la red de recarga pública de Madrid propiedad de EMT.	149
12.2.1	Base de Colón.	151
12.2.2	Base de Recuerdo.	151
12.2.3	Base de Benavente.	151
12.2.4	Base de Salamanca.	152
12.2.5	Base de Portugal.	152
12.3	Costes en función de la potencia suministrada en la recarga.	152
12.4	Equipos de recarga instalados en las bases.	153
12.4.1	Equipos de la base de Colón.	153
12.4.2	Equipos de las bases de Recuerdo, Benavente, Salamanca y Portugal. 154	
12.5	Obtención de los datos correspondientes al consumo de energía eléctrica de la red de recarga pública de Madrid propiedad de EMT.	155
12.5.1	Descripción del conjunto de datos obtenido.	156
12.5.2	Período de referencia.	156
12.5.3	Detalle de la composición del conjunto de datos.	157
12.6	Análisis de los consumos de energía eléctrica de las bases.	157
12.6.1	Consumo de energía eléctrica en la base de Colón.	158
12.6.2	Consumo de energía eléctrica en la base de Recuerdo.	159
12.6.3	Consumo de energía eléctrica en la base de Salamanca.	160
12.6.4	Consumo de energía eléctrica en la base de Benavente.	161

12.7	Comparativa entre las diferentes bases.....	162
12.7.1	Cálculo del consumo total de las bases.....	164
12.8	Pronósticos de consumos de energía eléctrica para el año 2025.	164
12.8.1	Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Colón para el año 2025.....	166
12.8.2	Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Recuerdo para el año 2025.....	167
12.8.3	Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Salamanca para el año 2025.....	168
12.8.4	Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Benavente para el año 2025.....	169
12.8.5	Cálculo del consumo total de las bases según el pronóstico para el año 2025.	170
13	CONCLUSIONES	172
14	BIBLIOGRAFÍA	174
15	ANEXO	181



Universidad
Carlos III de Madrid

Trabajo Fin de Grado. Alejandro Cascos Leal

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.Comparativa de vehículos producidos en España.....	4
Fig. 2.Evolución de la matriculación de vehículos diésel en España. Años 2010-2018 .	5
Fig. 3. Evolución de la matriculación de vehículos gasolina en España. Años 2011-2018	6
Fig. 4.Evolución de la matriculación de vehículos eléctricos en España. Años 2011-2018	6
Fig. 5.Evolución de la matriculación de vehículos diésel en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018	7
Fig. 6.Evolución de la matriculación de vehículos gasolina en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018	8
Fig. 7.Evolución de la matriculación de vehículos eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018.....	8
Fig. 8.Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel y eléctricos en España. Años 2011-2018	9
Fig. 9.Comparativa de matriculaciones de vehículos gasolina y eléctricos en España. Años 2011-2018	9
Fig. 10.Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en España. Años 2011-2018	10
Fig. 11.Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel y eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018.....	10
Fig. 12.Comparativa de matriculaciones de vehículos gasolina y eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018.....	11
Fig. 13.Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018.....	11
Fig. 14.Comparativa mediante incrementos porcentuales de matriculaciones de vehículos eléctricos en España. Años 2011-2018.....	13
Fig. 15.Comparativa mediante incrementos porcentuales de matriculaciones de vehículos eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018	14
Fig. 16.Evolución del parque de vehículos diésel en España. Años 2010-2018.....	15
Fig. 17.Evolución del parque de vehículos gasolina en España. Años 2011-2018.....	16
Fig. 18.Evolución del parque de vehículos eléctricos en España. Años 2011-2018	16
Fig. 19.Evolución del parque de vehículos diésel en Madrid. Años 2010-2018	17
Fig. 20.Evolución del parque de vehículos gasolina en Madrid. Años 2010-2018	18
Fig. 21.Evolución del parque de vehículos eléctricos en Madrid. Años 2010-2018	18

Fig. 22.Comparativa del parque de vehículos diésel y eléctricos en España. Años 2010-2018	19
Fig. 23.Comparativa del parque de vehículos gasolina y eléctricos en España. Años 2010-2018	19
Fig. 24.Comparativa del parque de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en España. Años 2010-2018	20
Fig. 25.Comparativa del parque de vehículos diésel y eléctricos en Madrid. Años 2010-2018	20
Fig. 26.Comparativa del parque de vehículos gasolina y eléctricos en Madrid. Años 2010-2018	21
Fig. 27.Comparativa del parque de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en Madrid. Años 2010-2018	21
Fig. 28.Comparativa mediante incrementos porcentuales del parque de vehículos eléctricos en España. Años 2010-2018.....	23
Fig. 29.Comparativa mediante incrementos porcentuales del parque de vehículos eléctricos en Madrid. Años 2010-2018.....	24
Fig. 30.Previsión Holt de matriculaciones de vehículos eléctricos en España.....	26
Fig. 31.Previsión Holt de matriculaciones de vehículos eléctricos en Madrid	27
Fig. 32.Parque de vehículos eléctricos por comunidades autónomas	29
Fig. 33.Interior de una batería Ni – Mh de Panasonic empleada en el Toyota Prius [12]	33
Fig. 34.Reacciones químicas producidas en el interior de una batería Ni-MH [12].....	33
Fig. 35.Pack de baterías del Mitsubishi i-MiEV [11]	34
Fig. 36.Batería de marca ABB para vehículos eléctricos [2].....	36
Fig. 37.Reacciones químicas producidas en el interior de una batería de metal – aire genérica [8].....	38
Fig. 38.Energía específica contenida en diferentes tipos de baterías [4].....	39
Fig. 39.Tipos de batería de litio – aire según el tipo de electrolito [2]	40
Fig. 40.Montaje de una batería litio – aire en el interior de un vehículo eléctrico [6]....	41
Fig. 41.Distance recorrida por un vehículo eléctrico según el tipo de batería [6]	41
Fig. 42.Batería aluminio – aire en forma esquemática [2]	42
Fig. 43.Pack de baterías ZEBRA para vehículo eléctrico [11]	44
Fig. 44.Pack de baterías del i – Miev [11]	46
Fig. 45.Evolución de la capacidad disponible de las baterías eléctricas [38].....	48
Fig. 46.Elementos internos del Nissan Leaf	52

Fig. 47.BEV representado de forma esquemática [60].....	53
Fig. 48.PHEV representado de forma esquemática [60]	54
Fig. 49.Elementos constructivos del Hyundai Ioniq [16]	55
Fig. 50.HEV representado de forma esquemática [60].....	56
Fig. 51. EREV representado de forma esquemática [60]	57
Fig. 52.Chasis del Opel Ampera [55]	57
Fig. 53.Modos de carga 1 [62]	67
Fig. 54.Modos de carga 2 [62]	69
Fig. 55.Modos de carga 3 [62]	70
Fig. 56.Modos de carga 4 [62]	72
Fig. 57.Figura 1. Caso A [21]	72
Fig. 58.Figura 2. Caso B [21]	74
Fig. 59.Figura 3. Caso C [21].....	75
Fig. 60.Figura 4. Caso D [21].....	76
Fig. 61.Conector Schuko [17].....	80
Fig. 62.Conector SAE J1772 o tipo 1 [17]	81
Fig. 63.Conector Mennekes o tipo 2 [17].....	81
Fig. 64.Conector CHAdeMO [17]	82
Fig. 65.Conector SCAME [17].....	82
Fig. 66.Conector CEEform [17].....	83
Fig. 67.Conector CCS [17].....	84
Fig. 68.Rendimiento de sistemas de recarga inalámbricos [44]	85
Fig. 69.Estaciones de recarga rápida [36].....	89
Fig. 70.Estaciones de recarga ultrarrápida [58].....	90
Fig. 71.Esquema 4a [21].....	110
Fig. 72.Esquema 4b [21].....	110
Fig. 73.Valores máximos horarios del perfil final de carga 2015 de un consumidor doméstico [21]	117
Fig. 74.Escenario de un punto de recarga doméstico con conector de tipo pared [23]	126
Fig. 75.Vehículo de alquiler perteneciente a la empresa particular emov [26]	127
Fig. 76.Puntos de recarga del centro comercial "Los Alfares", en Talavera de la Reina (Toledo)	129
Fig. 77.Solución de recarga implementada por el centro comercial "Los Alfares", en Talavera de la Reina (Toledo).....	129

Fig. 78.Diseño de una electrolinera [29].....	130
Fig. 79.Ubicación del cuadro de mando y protección de un circuito de recarga [21] .	131
Fig. 80.Cargador rápido para el modo 4 [32].....	134
Fig. 81.Estación de recarga con protección magnetotérmica y diferencial [52]	137
Fig. 82.Influencia de la temperatura en un magnetotérmico.....	139
Fig. 83.Densidad de puntos de recarga a nivel nacional [24]	143
Fig. 84.Vista ampliada de los puntos de recarga de Madrid [24]	144
Fig. 85.Red de recarga pública de Madrid [45].....	148
Fig. 86.Estación de recarga rápida exterior con triple toma Raption 50 [22].....	153
Fig. 87.Dimensiones del equipo Raption 50 [22]	153
Fig. 88.Equipo de recarga rápida exterior Combo & CHAdeMO [54].....	154
Fig. 89. Dimensiones del equipo de recarga rápida exterior Combo & CHAdeMO [54]	154
Fig. 90.Equipo de recarga RVE – BW [41]	155
Fig. 91.Dimensiones del equipo de recarga RVE – BW [41]	155
Fig. 92.Evolución del consumo anual en la base de Colón	158
Fig. 93.Evolución del consumo anual en la base de Recuerdo	159
Fig. 94.Evolución del consumo anual en la base de Salamanca.....	160
Fig. 95.Evolución del consumo anual en la base de Benavente.....	161
Fig. 96.Evolución del consumo anual en la base de Colón para el año 2025.....	167
Fig. 97.Evolución del consumo anual en la base de Recuerdo para el año 2025.....	168
Fig. 98.Evolución del consumo anual en la base de Salamanca para el año 2025 ...	169
Fig. 99.Evolución del consumo anual en la base de Benavente para el año 2025	170



Universidad
Carlos III de Madrid

Trabajo Fin de Grado. Alejandro Cascos Leal

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA	12
TABLA 2.RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA	12
TABLA 3.CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID	13
TABLA 4.RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID	14
TABLA 5.CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA	22
TABLA 6.RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA.....	22
TABLA 7.CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MADRID.....	23
TABLA 8.RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MADRID	24
TABLA 9.PREVISIÓN HOLT PARA MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA.....	26
TABLA 10.PREVISIÓN HOLT PARA MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MADRID	27
TABLA 11.PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	28
TABLA 12.COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS DE BATERÍAS CONVENCIONALES [1]	35
TABLA 13.CARACTERÍSTICAS DE BATERÍAS SODIO – BETA PARA PROGRAMAS DE DESARROLLO EN EEUU [2].....	37
TABLA 14.COMPARATIVA DE LAS BATERÍAS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS NO PREMIUM CON MÁS AUTONOMÍA DEL MERCADO [61]	45
TABLA 15.AUTONOMÍA DISPONIBLE EN EL AÑO 2015 [61]	46
TABLA 16.AUTONOMÍA DISPONIBLE EN EL AÑO 2019 [61]	47
TABLA 17.RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN BEV	52

TABLA 18.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN BEV	52
TABLA 19.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN PHVE	53
TABLA 20.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN PHEV	54
TABLA 21.RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN HEV	55
TABLA 22.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN HEV	55
TABLA 23.RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN EREV	56
TABLA 24.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN EREV	57
TABLA 25.CARACTERÍSTICAS SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO [66]	58
TABLA 26.CARACTERÍSTICAS DEL HYUNDAI KONA VERSIÓN ELÉCTRICA [65] ...	59
TABLA 27.CARACTERÍSTICAS DEL HYUNDAI KONA VERSIÓN GASOLINA [64]	59
TABLA 28.COMPARATIVA DE EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI KONA	60
TABLA 29.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 1	67
TABLA 30.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 2	68
TABLA 31.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 3	70
TABLA 32.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 4	71
TABLA 33.LEYENDA CASO A [21]	73
TABLA 34.LEYENDA CASO B [21].....	74
TABLA 35.LEYENDA CASO C [21].....	75
TABLA 36.LEYENDA CASO D [21]	76
TABLA 37.COMPARATIVA DE TENSIONES, INTENSIDADES Y POTENCIAS DE LOS DISTINTOS CONECTORES	84
TABLA 38.COMPARATIVA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RECARGA	95
TABLA 39.FORMA DE ONDA DE CORRIENTE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RECARGA.....	95
TABLA 40.CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN MÍNIMA PARA VEHÍCULOS GASOLINA [27]	100
TABLA 41.CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN MÍNIMA PARA VEHÍCULOS GLP [27].....	101
TABLA 42.CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN MÍNIMA PARA VEHÍCULOS GNC [27]	101
TABLA 43.CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN MÍNIMA PARA EL CONJUNTO DE VEHÍCULOS [27]	102

TABLA 44.GRADO DE ELECTRIFICACIÓN PARA EL AÑO 1973 [53]	104
TABLA 45.GRADO DE ELECTRIFICACIÓN PARA EL AÑO 2002 [53]	104
TABLA 46.ESCALONES DE POTENCIA PREVISTOS PARA SUMINISTROS MONOFÁSICOS [53]	105
TABLA 47.POTENCIAS INSTALADAS NORMALIZADAS EN CIRCUITO DE RECARGA PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES [53].....	106
TABLA 48.COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD, SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS [47].....	120
TABLA 49.COMPARATIVA DE POTENCIAS CON O SIN VEHÍCULO ELÉCTRICO	124
TABLA 50.RESUMEN DE DATOS DE LA SOLUCIÓN DE RECARGA IMPLEMENTADA POR EL CENTRO COMERCIAL "LOS ALFARES", EN TALAVERA DE LA REINA (TOLEDO).....	130
TABLA 51.LÍMITES DE ARMÓNICOS IMPARES [63].....	133
TABLA 52.LÍMITES DE ARMÓNICOS PARES [63]	133
TABLA 53.LÍMITES DE ERROR DE ENERGÍA ACTIVA PARA CONTADORES MONOFÁSICOS Y POLIFÁSICOS CON CARGAS EQUILIBRADAS [56]	135
TABLA 54.LÍMITES DE ERROR PARA CONTADORES POLIFÁSICOS CON UNA SOLA CARGA MONOFÁSICA, PERO QUE CUENTAN CON TENSIONES POLIFÁSICAS EQUILIBRADAS EN LOS CIRCUITOS DE TENSIÓN [56]	136
TABLA 55.REFERENCIA DE VALORES DE INTENSIDADES PARA LOS IA Y LA ESTACIÓN DE RECARGA.....	138
TABLA 56.IDENTIFICACIÓN POR COLORES DE LA APLICACIÓN ELECTROMAPS [24].....	144
TABLA 57.RED DE RECARGA MUNICIPAL EN VÍA PÚBLICA [45].....	146
TABLA 58.RED DE RECARGA RÁPIDA DE ACCESO PÚBLICO [45].....	147
TABLA 59.RED DE RECARGA EN APARCAMIENTOS DE ROTACIÓN Y DISUASORIOS [45].....	147
TABLA 60.DATOS TÉCNICOS DE LOS PUNTOS DE RECARGA EMT.....	150
TABLA 61.COMPARATIVA DE PRECIOS EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA	152
TABLA 62.DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS OBTENIDO POR EMT	157
TABLA 63.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE COLÓN	158
TABLA 64.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE VIRGEN DEL RECUERDO	159

TABLA 65.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE SALAMANCA	
.....	160
TABLA 66.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE JACINTO	
BENAVENTE.....	161
TABLA 67.COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES BASES EN FUNCIÓN DE LA DE	
COLÓN.....	164
TABLA 68.PREVISIÓN DE LAS MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	
EN MADRID	165
TABLA 69.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE COLÓN EN EL	
PRONÓSTICO PARA 2025	166
TABLA 70.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE VIRGEN DEL	
RECUERDO EN EL PRONÓSTICO PARA 2025	167
TABLA 71.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE SALAMANCA	
EN EL PRONÓSTICO PARA 2025	168
TABLA 72.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE JACINTO	
BENAVENTE EN EL PRONÓSTICO PARA 2025	169



Universidad
Carlos III de Madrid

Trabajo Fin de Grado. Alejandro Cascos Leal

1 INTRODUCCIÓN

La movilidad ecológica es una iniciativa llevada a cabo por un gran porcentaje de países desarrollados, entre los que se encuentra España. El progresivo aumento del CO₂ en la atmósfera del planeta implica una exhaustiva búsqueda de soluciones para mitigar y paliar el efecto invernadero.

Como solución principal, se encuentra el uso de vehículos de cero emisiones, destacando el vehículo eléctrico. La tecnología implementada en este tipo de vehículos ha avanzado considerablemente en los últimos años; es por ello que numerosas compañías de fabricación de automóviles apuesten e inviertan cuantiosas cantidades de dinero en investigación y desarrollo de este campo. Así pues, el avance en construcción y fabricación de automóviles eléctricos está unido a la infraestructura para proceder a su recarga, ya que la fuente de energía de los mismos es una batería eléctrica de gran capacidad. En España, el parque de vehículos eléctricos crece actualmente de manera positiva y las previsiones son favorables. El avance en la tecnología de las baterías, así como en desarrollo de motores híbridos y eléctricos, lo convierten en una opción cada vez más interesante para los usuarios.

La ITC – BT – 52 marca las directrices para proceder a la instalación de puntos de recarga en distintos escenarios, lo cual, aparentemente, crea un estándar a nivel nacional; si bien cada empresa o institución pública podrá variar la solución de recarga implementada según convenga. Los usuarios apuestan por vehículos de gran autonomía y por una infraestructura de recarga rápida. Es ahí donde surge el principal inconveniente. ¿Dispone el país de una red pública de recarga que pueda satisfacer esta demanda por parte de los usuarios? ¿Cuánto tiempo de espera implica una recarga lenta? ¿Cuánta autonomía disponen los automóviles eléctricos actualmente en el mercado? Además, numerosas viviendas, ya sean unifamiliares o bloques de viviendas, no disponen del grado de electrificación suficiente para poder instalar un punto de recarga; y numerosos garajes todavía no han sido desclasificados, requisito indispensable para poder recargar un coche eléctrico. En función del emplazamiento del punto de recarga, el procedimiento para su instalación podrá variar, contemplándose distintos escenarios para este propósito.

Estas preguntas son estudiadas a lo largo del proyecto, tratando de dar una visión global del nivel de desarrollo de la infraestructura de recarga a nivel nacional de manera estandarizada; y focalizando un caso concreto: la red pública de recarga de la



ciudad de Madrid. Dado que cada municipio del país podrá implementar una solución determinada, se ha optado por utilizar a Madrid como localidad de estudio, extrapolando los resultados obtenidos al resto de España.

2 EVOLUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS

Como punto de partida se ha de tener claro la situación actual del parque de vehículos a nivel nacional y su evolución. En cuanto a vehículos, se hará referencia exclusivamente a los turismos en cuanto a fabricación se refiere. En cuanto a matriculaciones, se analizarán los vehículos de manera genérica. Se ha de añadir que el análisis, además de en España, se centrará también en la ciudad de Madrid, ya que se dispone de los datos de la infraestructura de recarga de acceso público.

2.1 Comparativa de vehículos producidos en España.

Según datos procedentes de Anfac (Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones) la producción de vehículos en España, durante el año 2018, alcanzó la cifra de 2.819.565 unidades, lo que supone una reducción del 1% respecto al año 2017. Por tipo de vehículo, el número de turismos fabricados finalizó el año con 2.215.599 unidades, lo que supone un descenso del 1,2% con respecto al año anterior. Este particular descenso sería producido debido a la entrada en vigor de la nueva normativa de medición de emisiones WLTP. Ello, unido a las dificultades de las fábricas para poder proveerse de motores que dispongan de la homologación pertinente para adaptarse a esta normativa, serían los responsables últimos de este fenómeno.

Para conocer de primera mano cómo está el sector de la fabricación de automóviles en España se ha decidido hacer una consulta al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Según información proporcionada por el Ministerio, ninguno de los vehículos eléctricos producidos actualmente es ni turismo ni todoterreno, por lo que no se publican datos de estos vehículos. Además, disponen de información hasta el año 2014, y actualmente solo se está difundiendo el desglose de gasolina/diésel para turismos y todoterrenos. De esta forma, se procederá a hacer un análisis gráfico de los datos de la última década completa que dispone el Ministerio: del año 2003 al año 2013.

El vehículo eléctrico tendrá que enfrentarse a la potente industria de fabricación de vehículos diésel y gasolina. Es por ello que se considera de obligado cumplimiento graficar la tendencia que este último sector está experimentando. Para ello, ha sido utilizada la relación de series de la Estadística de Fabricación de Vehículos incorporadas a la base de datos de series del MITyC (BADASE), con detalle del código de la serie y nombre de la misma. Para los diésel, se han usado los datos de la serie U3413. Para los de gasolina, se han usado los datos de la serie U3414.

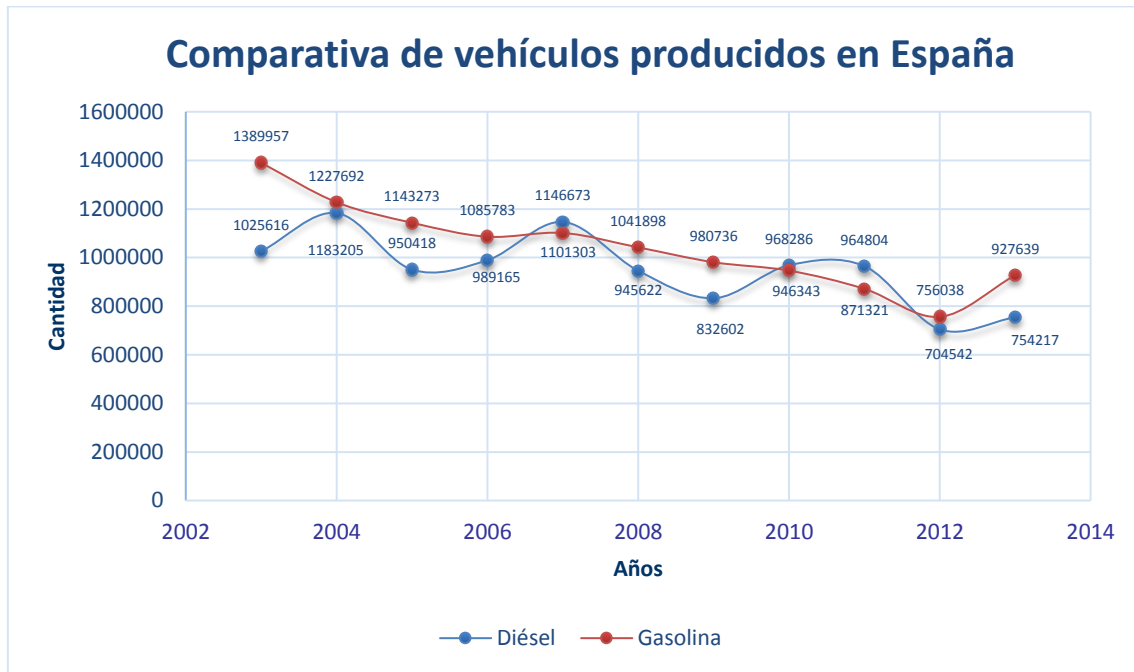


Fig. 1. Comparativa de vehículos producidos en España

Una vez analizado el anterior punto, se realizará un análisis del histórico de matriculaciones de vehículos en España, desglosando los impulsados por combustibles fósiles y aquellos impulsados por motor eléctrico. Después, se procederá a acotar la distribución en la ciudad de Madrid. Las gráficas han sido realizadas gracias a los datos proporcionados por la DGT. Cabe destacar que el desglose para matriculaciones se ha realizado para vehículos en general, ya que la DGT muestra los datos de las matriculaciones de forma genérica. Para el análisis del parque de vehículos se ha decidido estudiar exclusivamente el campo de los turismos, debido a la necesidad de acotar el volumen de variables de análisis.

Estudio de las matriculaciones de vehículos

- **Objetivo:** Conocimiento de los vehículos que se dan de alta en la circulación y sus características, así como su incidencia en el parque de vehículos en circulación
- **Metodología de la recogida de datos:** Obtención mediante enumeración completa de datos administrativos originales
- **Variables de estudio:** Tipo de vehículo y carburante

- **Unidades:** Vehículos matriculados
- **Fuente administrativa:** Registro de Vehículos, regulado en el artículo 2 del Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos
- **Periodicidad de recogida de datos:** Continua

2.2 Matriculaciones anuales según combustible en España.

- Para vehículos diésel:

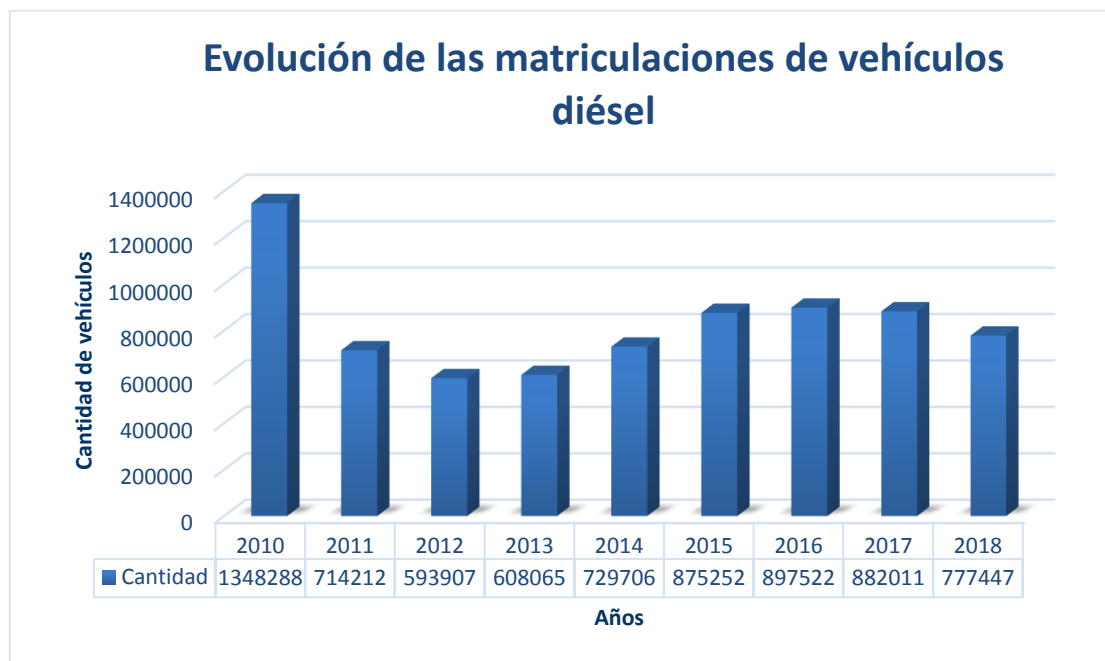


Fig. 2.Evolución de la matriculación de vehículos diésel en España. Años 2010-2018

- Para vehículos gasolina:

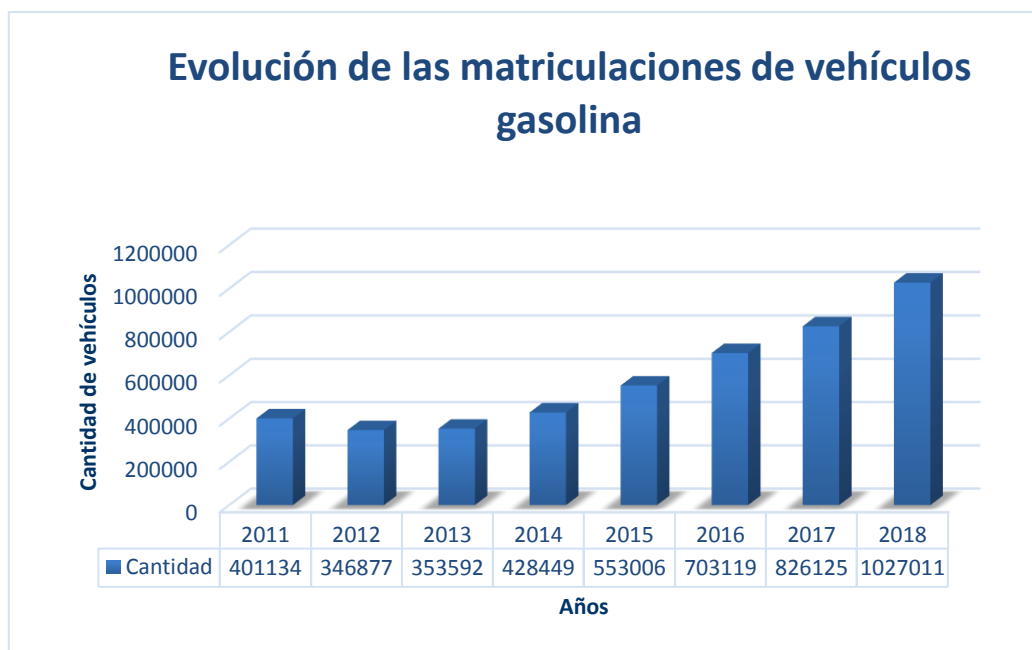


Fig. 3. Evolución de la matriculación de vehículos gasolina en España. Años 2011-2018

- Para vehículos eléctricos:

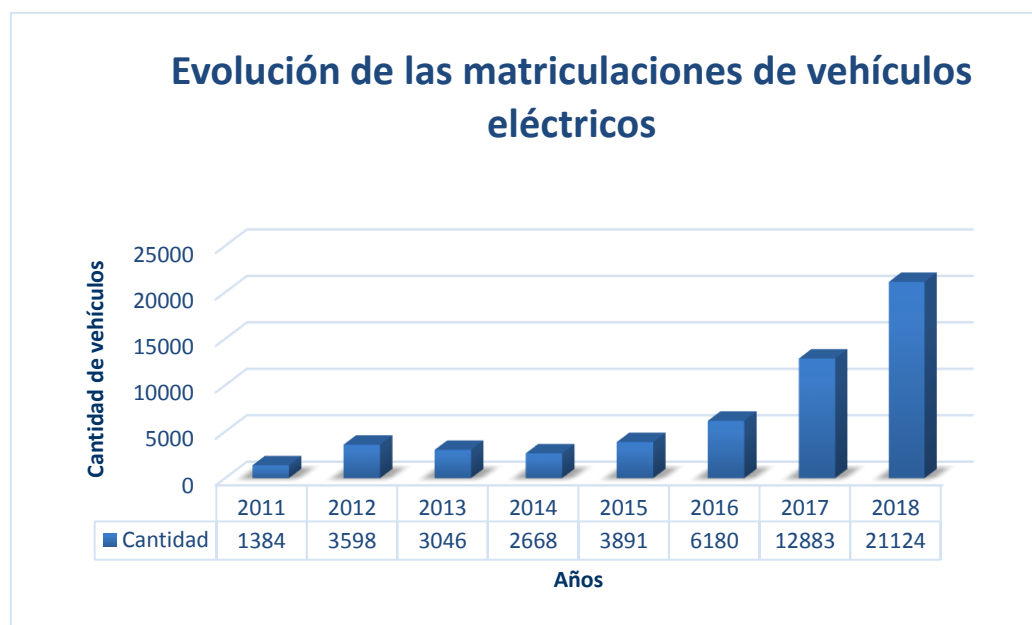


Fig. 4. Evolución de la matriculación de vehículos eléctricos en España. Años 2011-2018

2.3 Matriculaciones anuales según combustible en la Comunidad de Madrid.

- Para vehículos diésel:

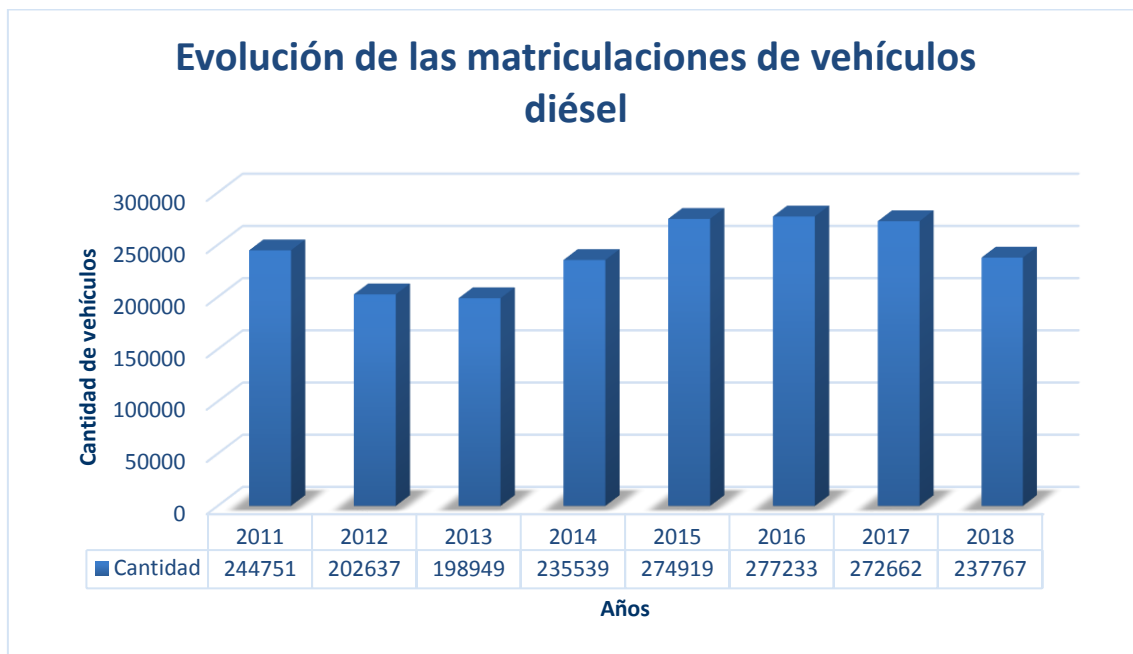


Fig. 5.Evolución de la matriculación de vehículos diésel en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018

- Para vehículos gasolina:

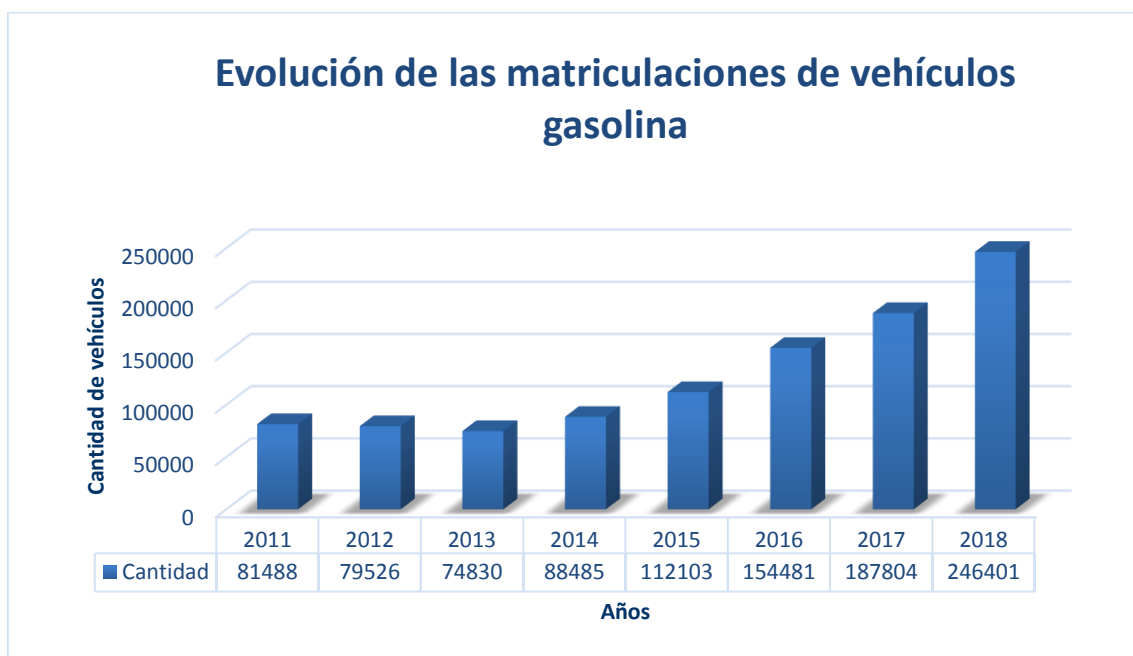


Fig. 6.Evolución de la matriculación de vehículos gasolina en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018

- Para vehículos eléctricos:

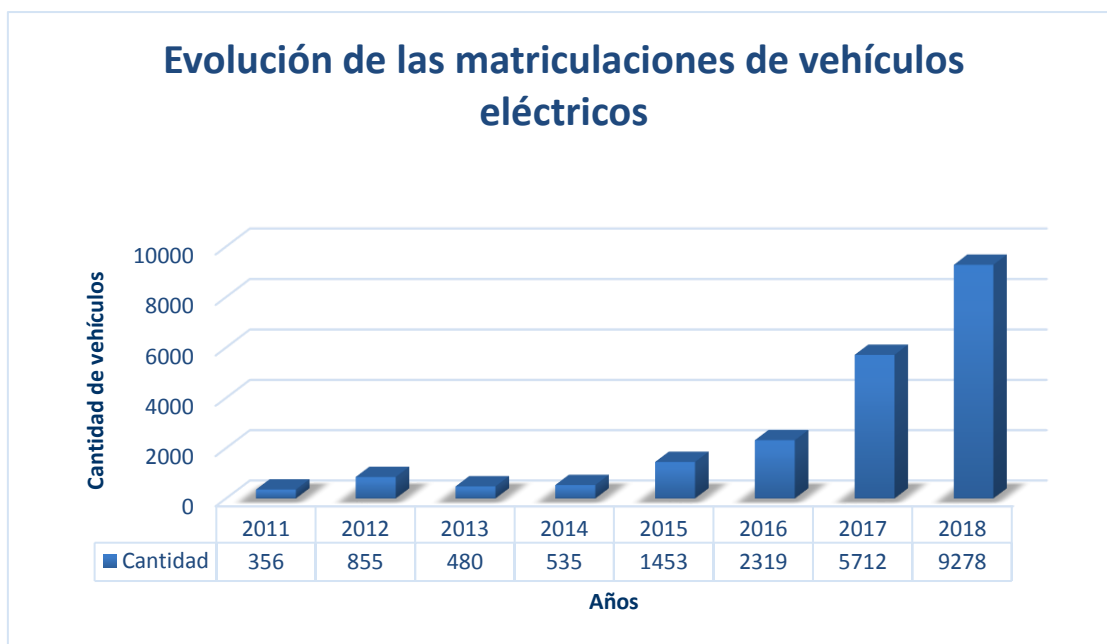


Fig. 7.Evolución de la matriculación de vehículos eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018

2.4 Comparativa de matriculaciones según el tipo de combustible.

- En España

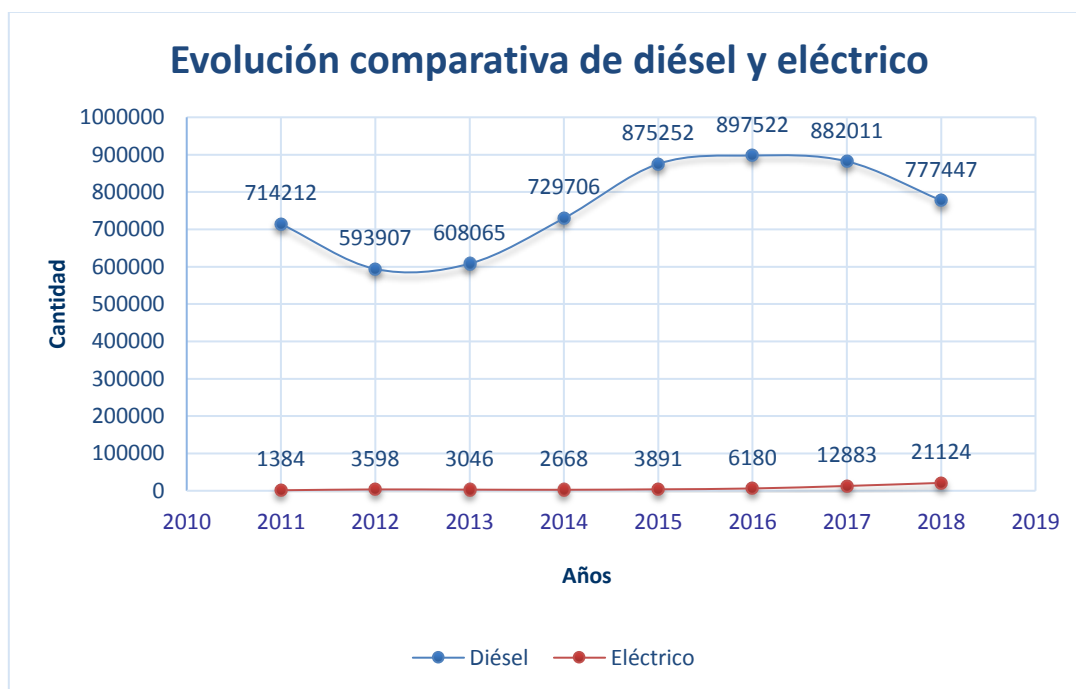


Fig. 8.Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel y eléctricos en España. Años 2011-2018

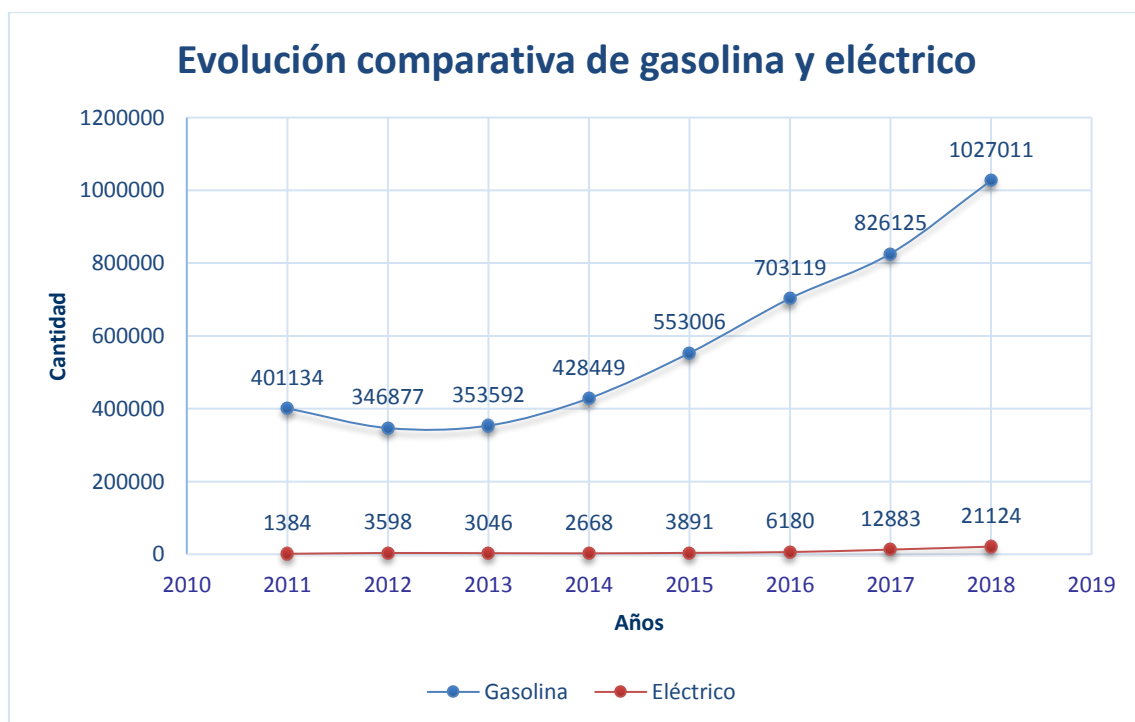


Fig. 9.Comparativa de matriculaciones de vehículos gasolina y eléctricos en España. Años 2011-2018

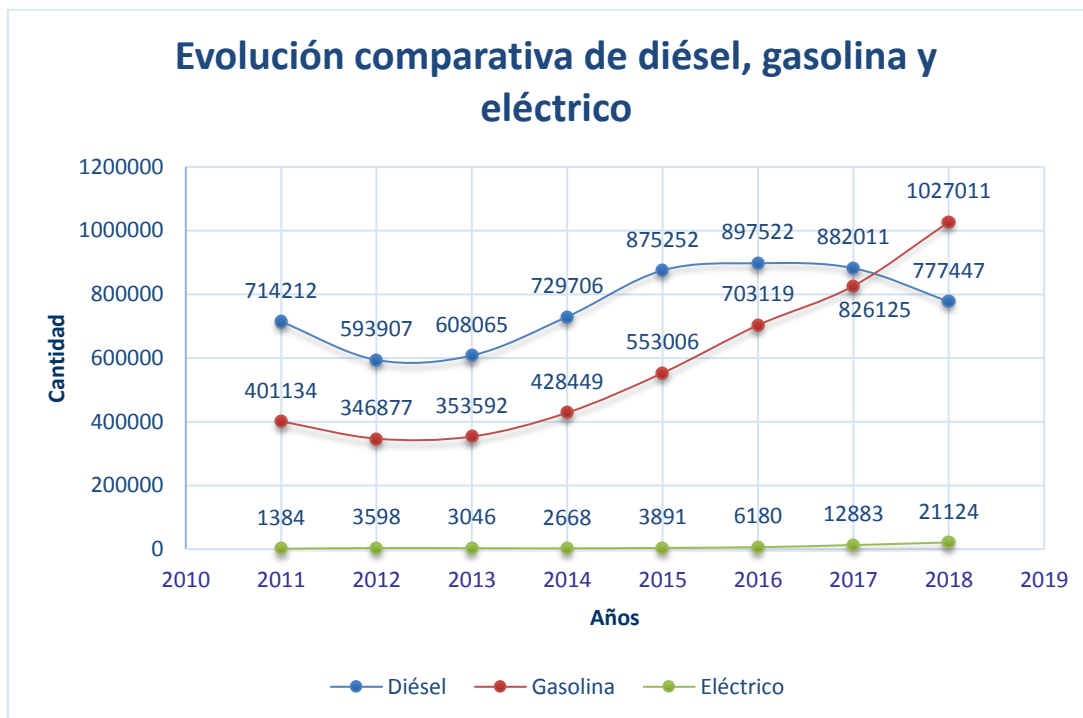


Fig. 10. Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en España. Años 2011-2018

- En la Comunidad de Madrid

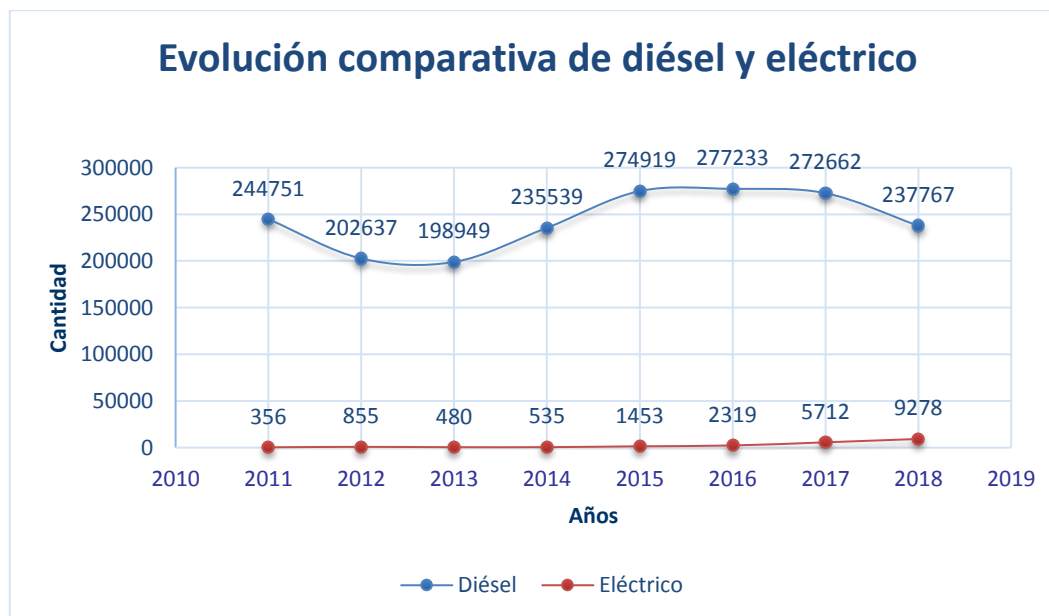


Fig. 11. Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel y eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018

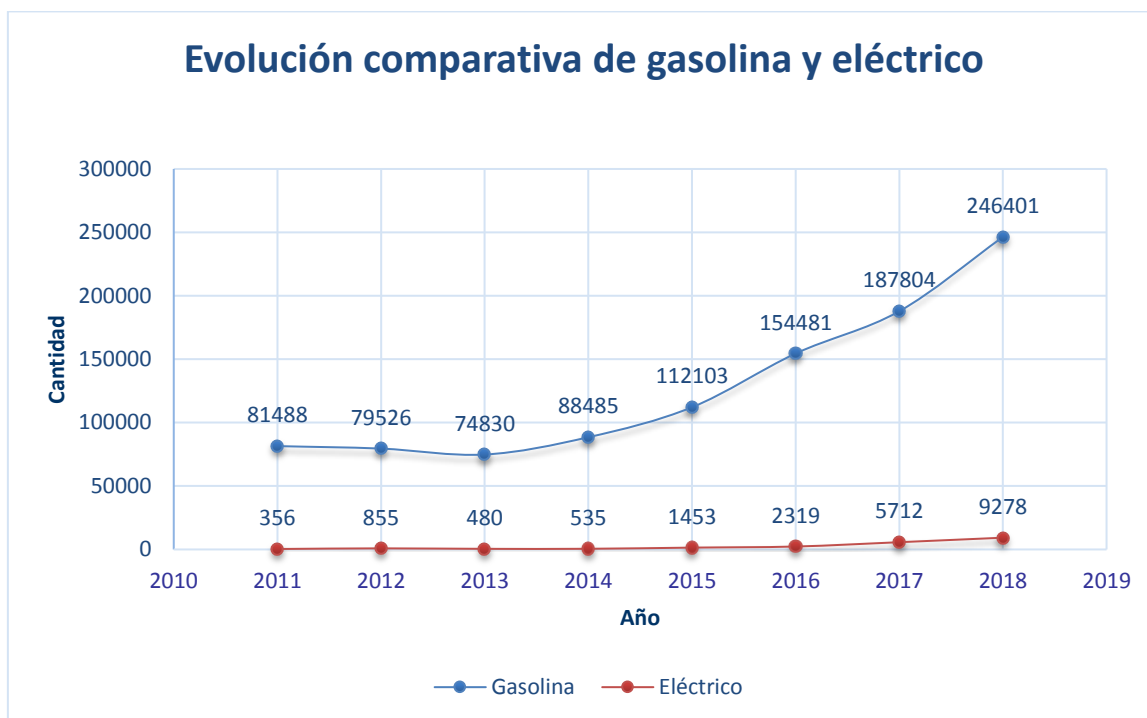


Fig. 12. Comparativa de matriculaciones de vehículos gasolina y eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018

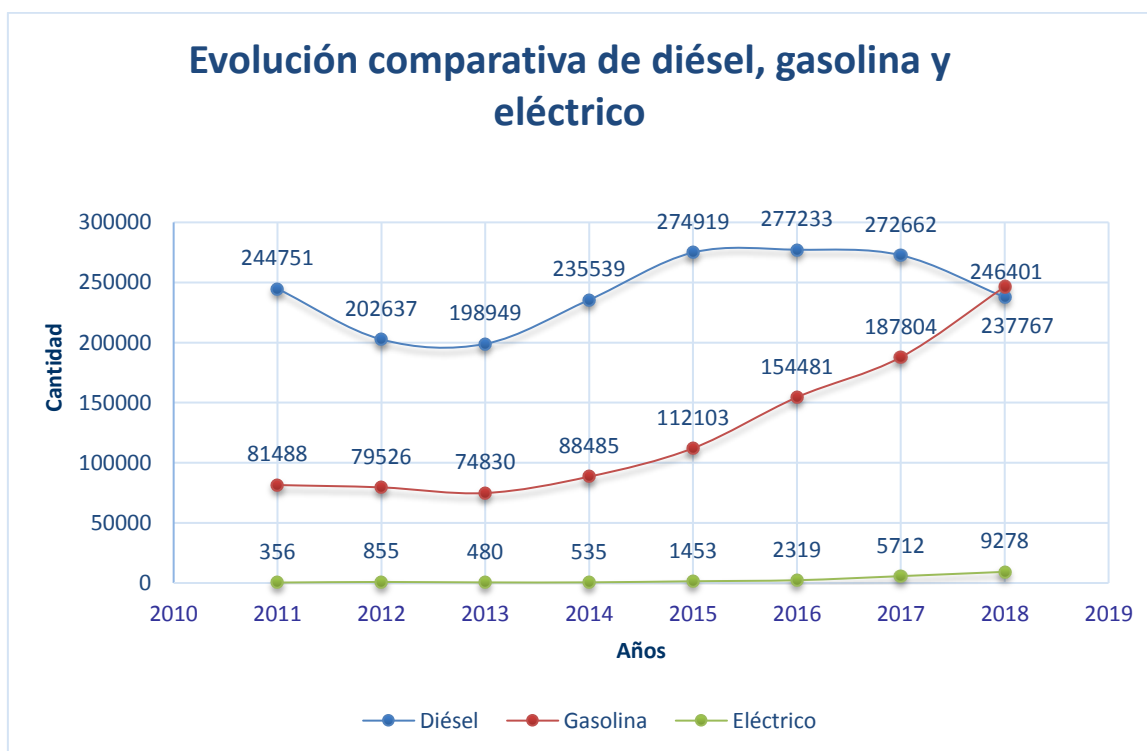


Fig. 13. Comparativa de matriculaciones de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018

Para proseguir con el estudio de la evolución de las matriculaciones se ha decidido hacer un análisis mediante incrementos porcentuales. De esta forma, se puede apreciar la tendencia de crecimiento del vehículo eléctrico.

Para calcular el incremento porcentual se emplea la siguiente fórmula matemática:

$$I.P (\%) = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_{n-1}} \cdot 100 \quad (1)$$

- Cálculo del Incremento porcentual que ha tenido lugar en España:

TABLA 1. CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA

Año	Matriculaciones	$Y_n - Y_{n-1}$	$\frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_{n-1}}$
2011	1384	-	-
2012	3598	2214	1,600
2013	3046	-552	-0,153
2014	2668	-378	-0,124
2015	3891	1223	0,458
2016	6180	2289	0,588
2017	12883	6703	1,085
2018	21124	8241	0,640

De esta forma, las cifras finales resultan:

TABLA 2. RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Matriculaciones	1384	3598	3046	2668	3891	6180	12883	21124
I.Porcentual (%)	-	160%	-15%	-12%	46%	59%	108%	64%



Fig. 14. Comparativa mediante incrementos porcentuales de matriculaciones de vehículos eléctricos en España. Años 2011-2018

- Cálculo del Incremento porcentual que ha tenido lugar en la Comunidad de Madrid:

TABLA 3. CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Año	Matriculaciones	$Y_n - Y_{n-1}$	$\frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_{n-1}}$
2011	356	-	-
2012	855	499	1,402
2013	480	-375	-0,439
2014	535	55	0,115
2015	1453	918	1,716
2016	2319	866	0,596
2017	5712	3393	1,463
2018	9278	3566	0,624

De igual manera, se tiene que:

TABLA 4.RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DE MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Matriculaciones	356	855	480	535	1453	2319	5712	9278
I.Porcentual (%)	-	140%	-44%	11%	172%	60%	146%	62%



Fig. 15.Comparativa mediante incrementos porcentuales de matriculaciones de vehículos eléctricos en la Comunidad de Madrid. Años 2011-2018

2.5 Evolución del parque de vehículos según combustible en España.

- **Objetivo:** Análisis del número de vehículos en circulación, su composición y características técnicas
- **Metodología de la recogida de datos:** Obtención mediante enumeración completa de datos administrativos originales
- **Variables de estudio:** Tipo de vehículo y carburante

- **Unidades:** Vehículos en circulación
- **Fuente administrativa:** Registros de matriculación y de baja
- **Periodicidad de recogida de datos:** Continua
 - Para vehículos diésel:

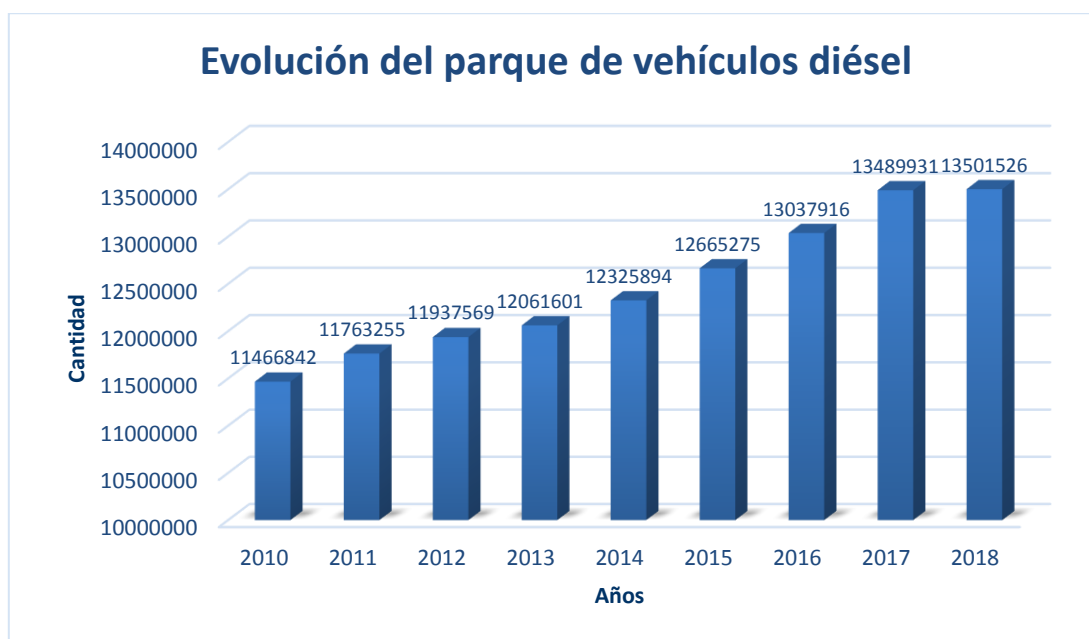


Fig. 16. Evolución del parque de vehículos diésel en España. Años 2010-2018

- Para vehículos gasolina:

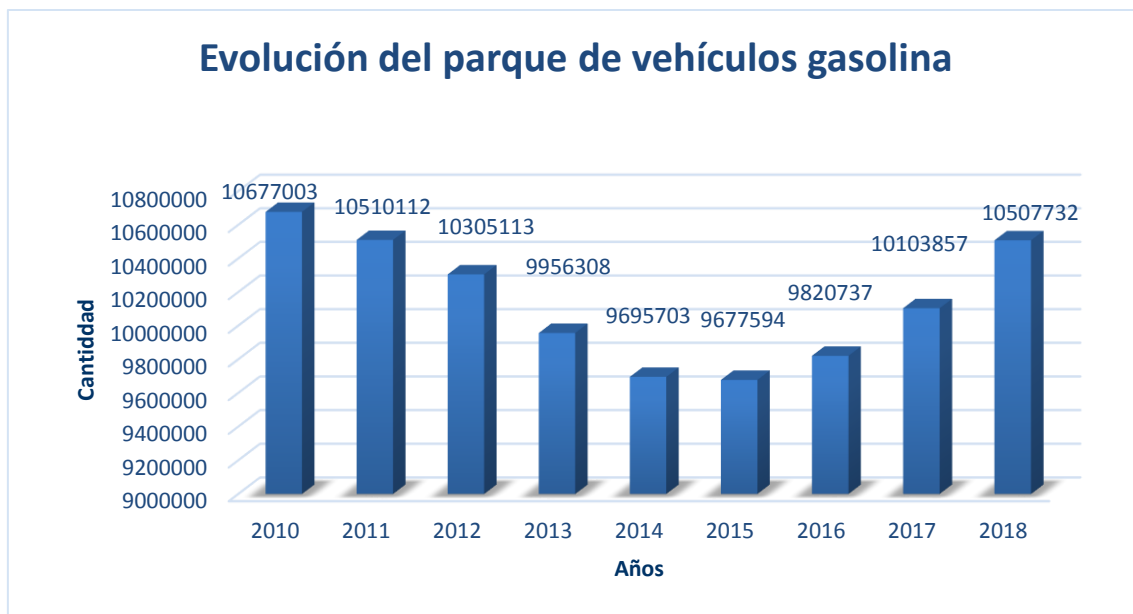


Fig. 17.Evolución del parque de vehículos gasolina en España. Años 2011-2018

- Para vehículos eléctricos:

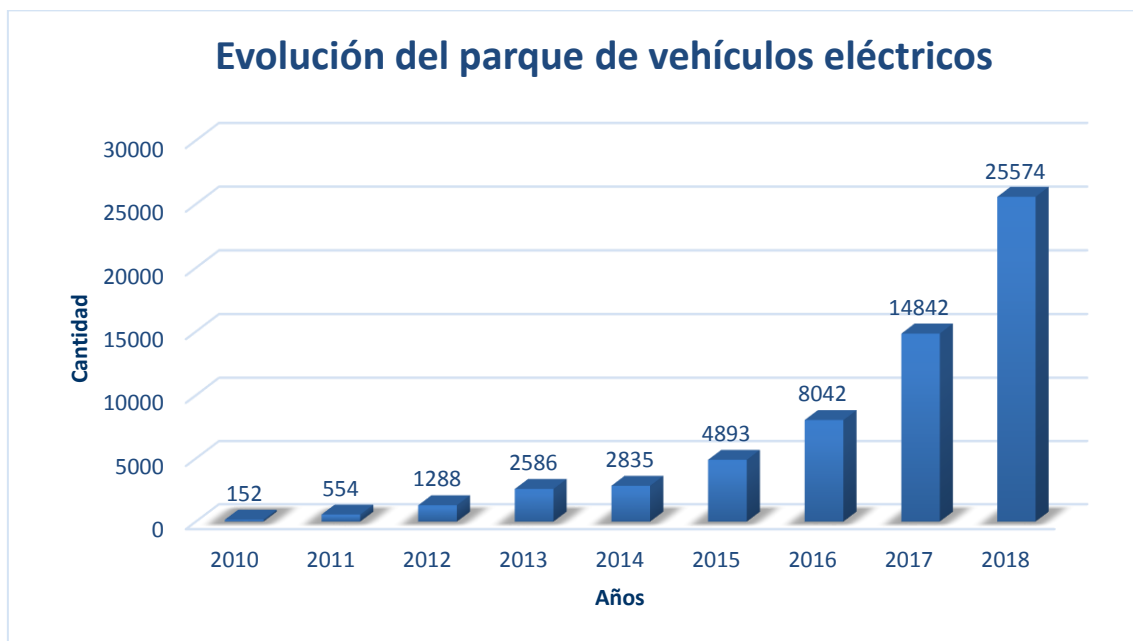


Fig. 18.Evolución del parque de vehículos eléctricos en España. Años 2011-2018

2.6 Evolución del parque de vehículos según combustible en Madrid.

- **Objetivo:** Análisis del número de vehículos en circulación, su composición y características técnicas
- **Metodología de la recogida de datos:** Obtención mediante enumeración completa de datos administrativos originales
- **Variables de estudio:** Tipo de vehículo y carburante
- **Unidades:** Vehículos en circulación
- **Fuente administrativa:** Registros de matriculación y de baja
- **Periodicidad de recogida de datos:** Continua
 - Para vehículos diésel:

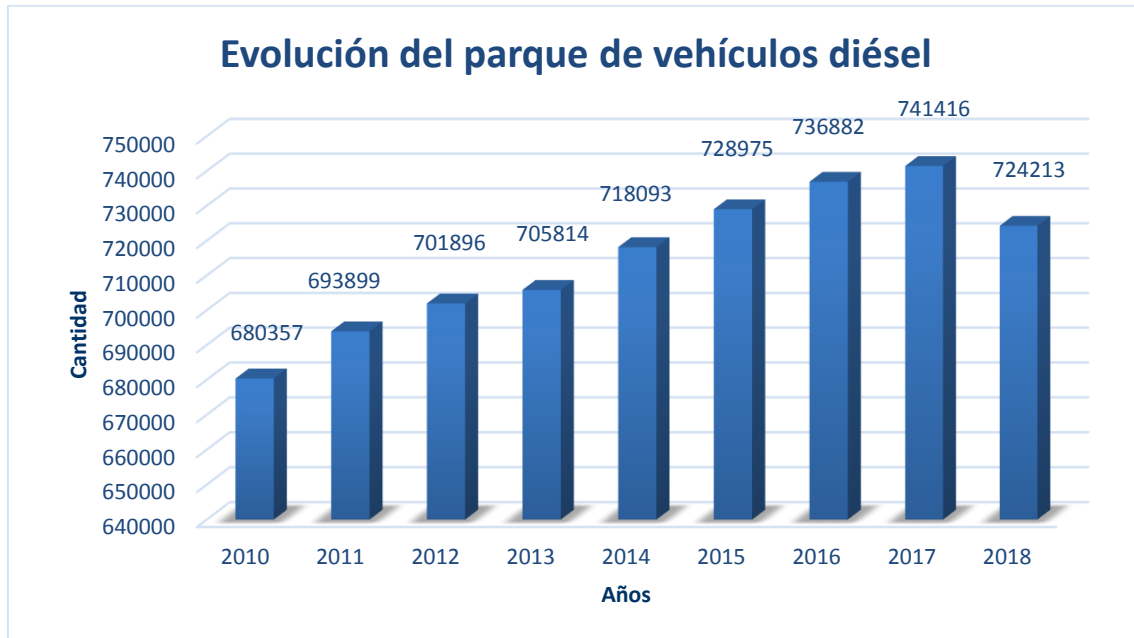


Fig. 19. Evolución del parque de vehículos diésel en Madrid. Años 2010-2018

- Para vehículos gasolina:

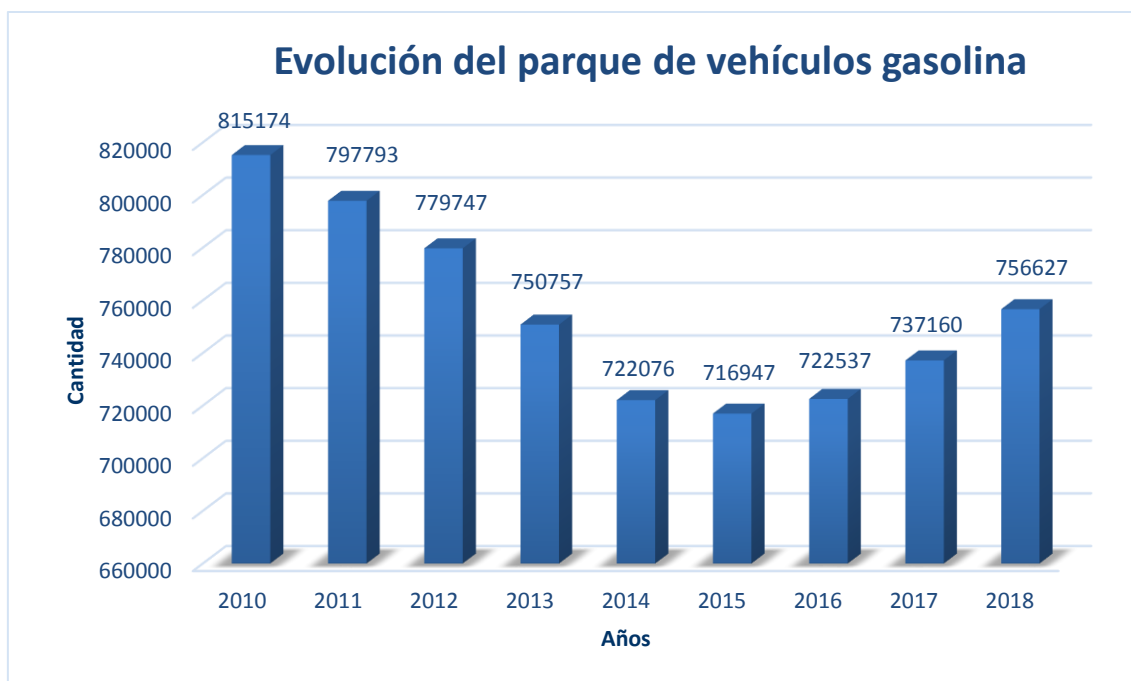


Fig. 20. Evolución del parque de vehículos gasolina en Madrid. Años 2010-2018

- Para vehículos eléctricos:

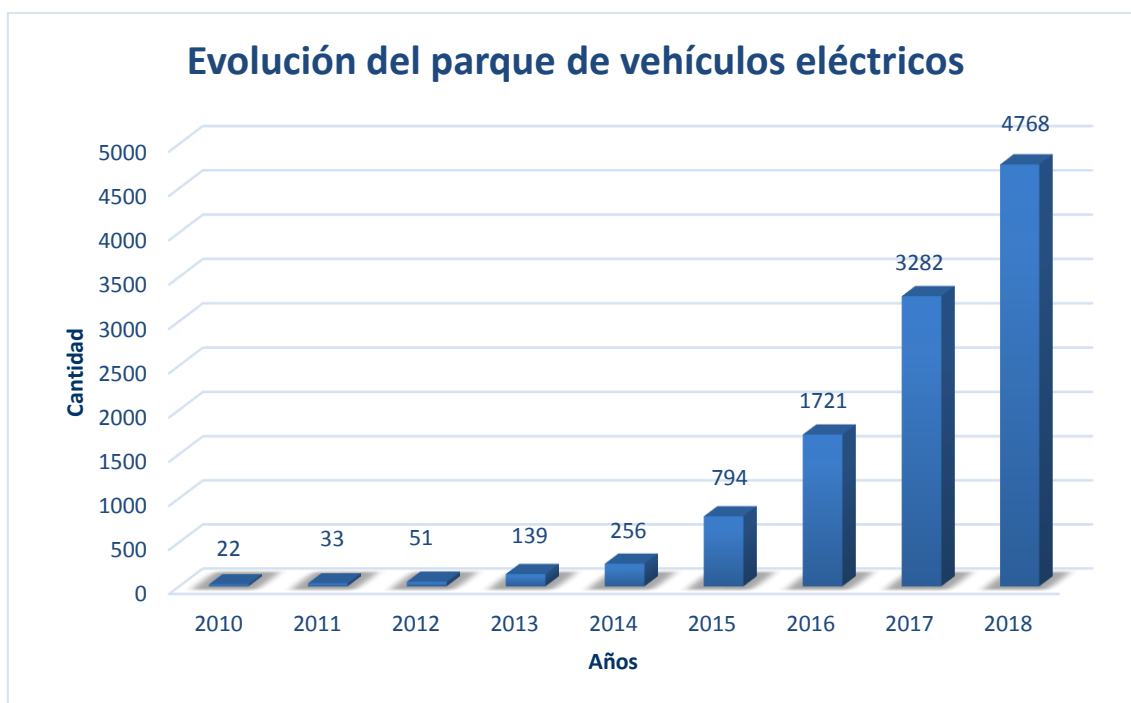


Fig. 21. Evolución del parque de vehículos eléctricos en Madrid. Años 2010-2018

2.7 Comparativa del parque de vehículos según el tipo de combustible

- En España

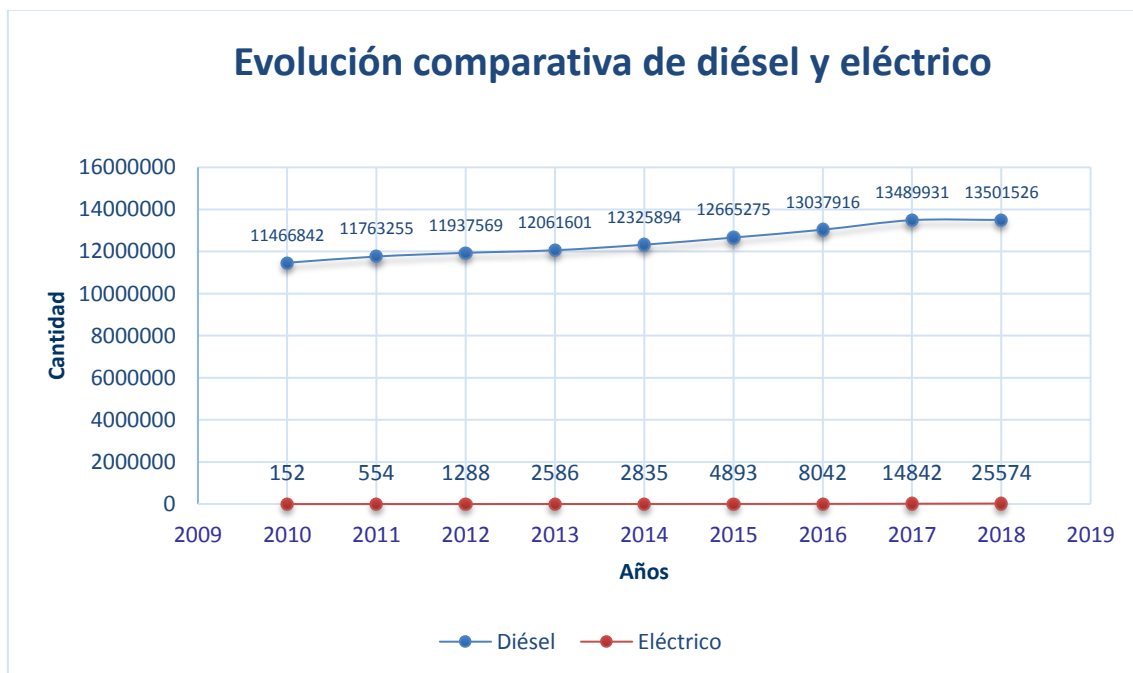


Fig. 22. Comparativa del parque de vehículos diésel y eléctricos en España. Años 2010-2018

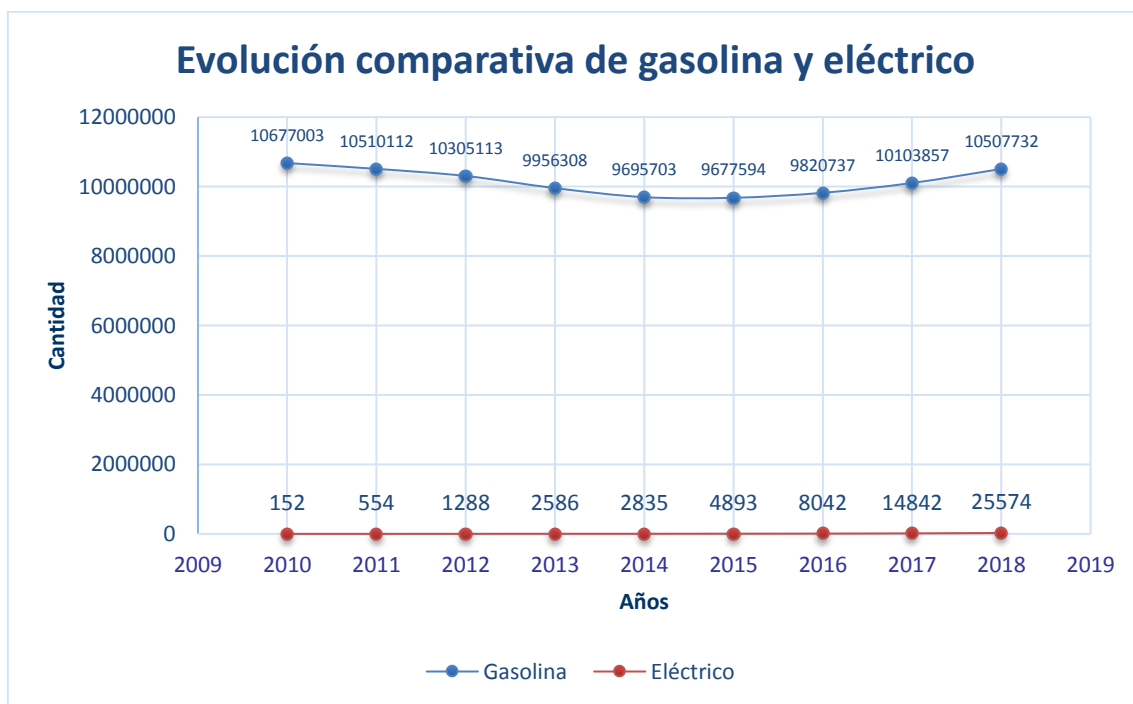


Fig. 23. Comparativa del parque de vehículos gasolina y eléctricos en España. Años 2010-2018

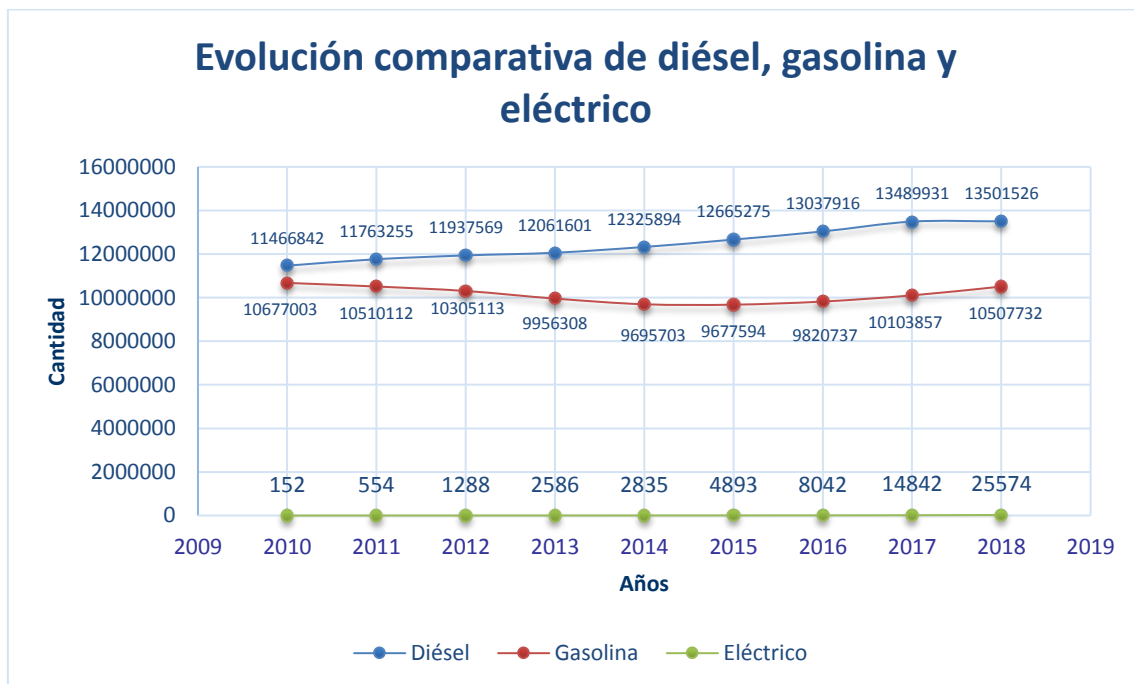


Fig. 24. Comparativa del parque de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en España. Años 2010-2018

- En la ciudad de Madrid

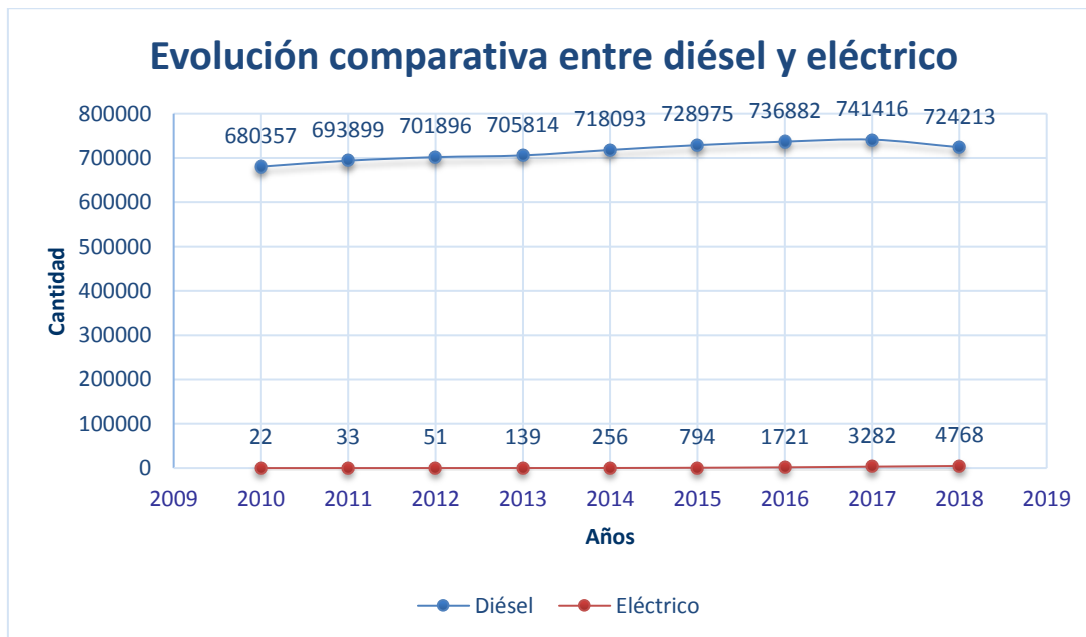


Fig. 25. Comparativa del parque de vehículos diésel y eléctricos en Madrid. Años 2010-2018

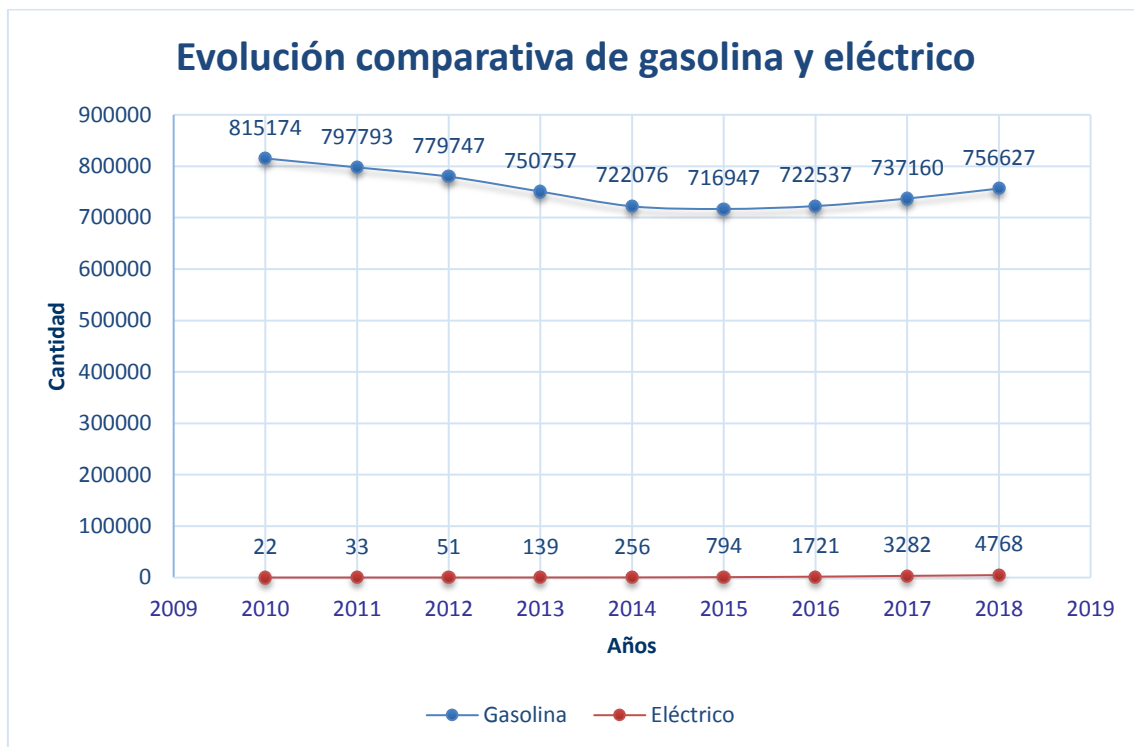


Fig. 26. Comparativa del parque de vehículos gasolina y eléctricos en Madrid. Años 2010-2018

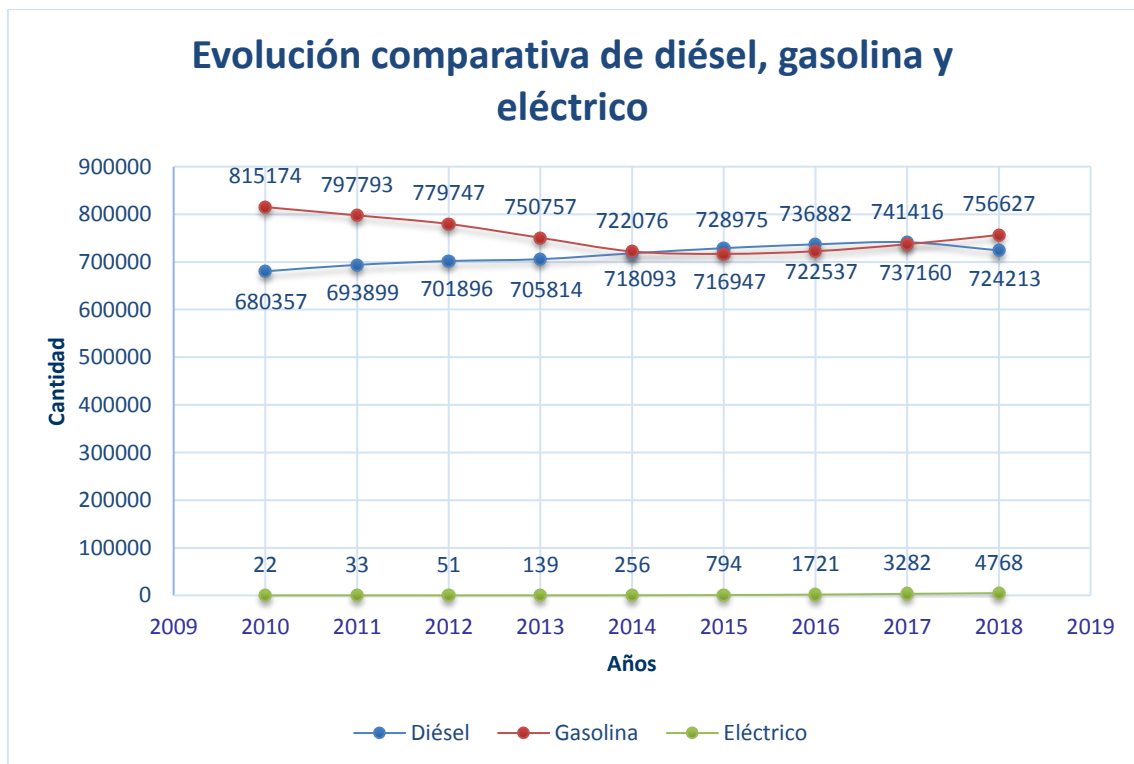


Fig. 27. Comparativa del parque de vehículos diésel, gasolina y eléctricos en Madrid. Años 2010-2018

De esta manera, se realizará de nuevo un análisis de mediante incremento porcentuales, para poder apreciar la tendencia de crecimiento del parque de vehículos eléctricos.

- Cálculo del Incremento porcentual que ha tenido lugar en España:

TABLA 5.CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA

Año	Parque	$Y_n - Y_{n-1}$	$\frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_{n-1}}$
2010	152	-	-
2011	554	402	2,644
2012	1288	734	1,325
2013	2586	1298	1,008
2014	2853	267	0,103
2015	4893	2040	0,715
2016	8042	3149	0,643
2017	14842	6800	0,846
2018	25574	10732	0,723

TABLA 6.RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Parque	152	554	1288	2586	2853	4893	8042	14842	25574
I.Porcentual (%)	-	264%	133%	101%	10%	72%	64%	85%	72%

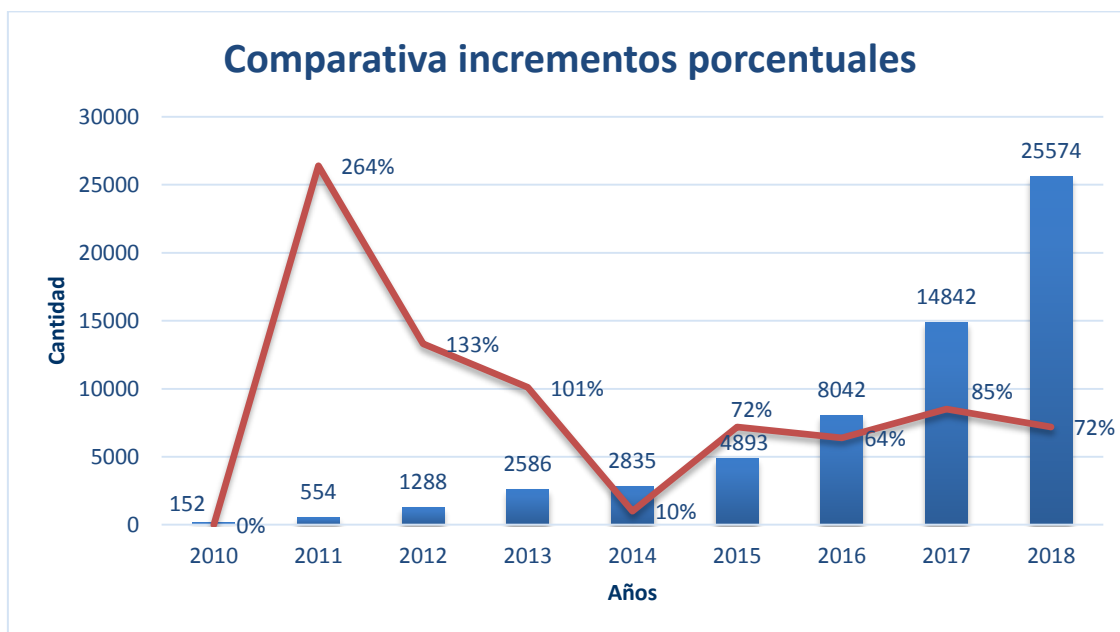


Fig. 28.Comparativa mediante incrementos porcentuales del parque de vehículos eléctricos en España. Años 2010-2018.

- Cálculo del Incremento porcentual que ha tenido lugar en la ciudad de Madrid:

TABLA 7.CÁLCULO DEL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MADRID

Años	Parque	$Y_n - Y_{n-1}$	$\frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_{n-1}}$
2010	22	-	-
2011	33	11	0,500
2012	51	18	0,545
2013	139	88	1,725
2014	256	117	0,842
2015	794	538	2,102
2016	1721	927	1,168
2017	3282	1561	0,907
2018	4768	1486	0,453

TABLA 8.RESUMEN DE CIFRAS FINALES RELATIVAS AL INCREMENTO PORCENTUAL DEL PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MADRID

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Parque	22	33	51	139	256	794	1721	3282	4768
I.Porcentual (%)	-	50%	55%	173%	84%	210%	117%	91%	45%

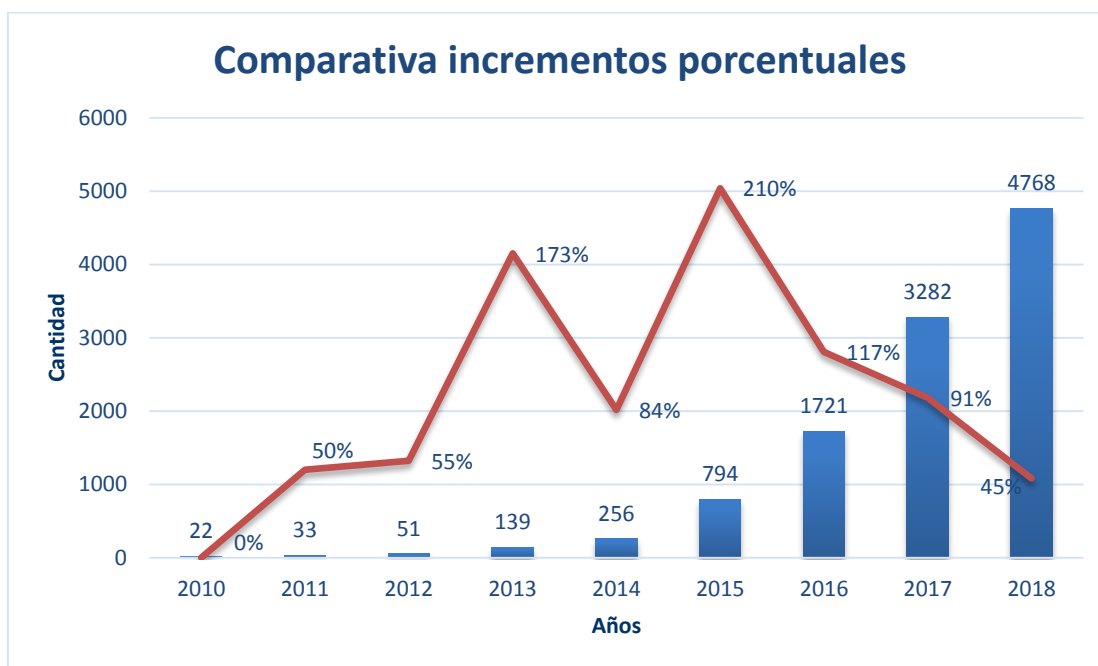


Fig. 29.Comparativa mediante incrementos porcentuales del parque de vehículos eléctricos en Madrid. Años 2010-2018

2.8 Cálculo de la previsión de matriculaciones de vehículos eléctricos

Resulta necesario elaborar un pronóstico de la futura demanda de vehículos eléctricos, es decir, de futuras matriculaciones. Estas matriculaciones tendrán una consecuencia directa en el parque de vehículos, por lo que resulta redundante ejecutar también un pronóstico para los próximos años. Gracias a este pronóstico, se podrá prever el número de coches que en los años venideros se adquirirán. Se ha observado a través de las gráficas de matriculaciones que, tanto en España como en Madrid, ambas presentan un ritmo de crecimiento positivo. Se asumirá que estas carecen de estacionalidad, ya que no presentan una variación periódica y predecible.

El objetivo es pronosticar la futura demanda. Como en la serie de tiempo se presenta una tendencia ascendente y sin estacionalidad, se aplicará un suavizamiento exponencial doble, o modelo de Holt. Este modelo queda definido por los siguientes parámetros:

Expresiones utilizadas:

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3)$$

$$Y'_{t+p} = A_t + pT_t \quad (4)$$

Cada término de las expresiones corresponde a:

A_t : Valor atenuado

T_t : Tendencia del periodo T

Y'_t : Pronóstico

p : Número de periodos a pronostica en el futuro

α : Constante de atenuación del promedio de los datos ($0 < \alpha < 1$)

β : Constante de atenuación de estimación de tendencia ($0 < \beta < 1$)

Para optimizar los resultados se ha utilizado una de las herramientas matemáticas que posee Excel, llamada Solver. Los valores de las constantes de α y β que minimizan el error entre las matriculaciones reales y las previstas son, respectivamente, 0,99 y 0,99.

2.9 Previsiones para la matriculación de vehículos eléctricos en España

TABLA 9.PREVISIÓN HOLT PARA MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPAÑA

Años	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor Real	21124							
Previsión Holt	19465	29360	37612	45864	54117	62369	70621	78873
Error	8%							

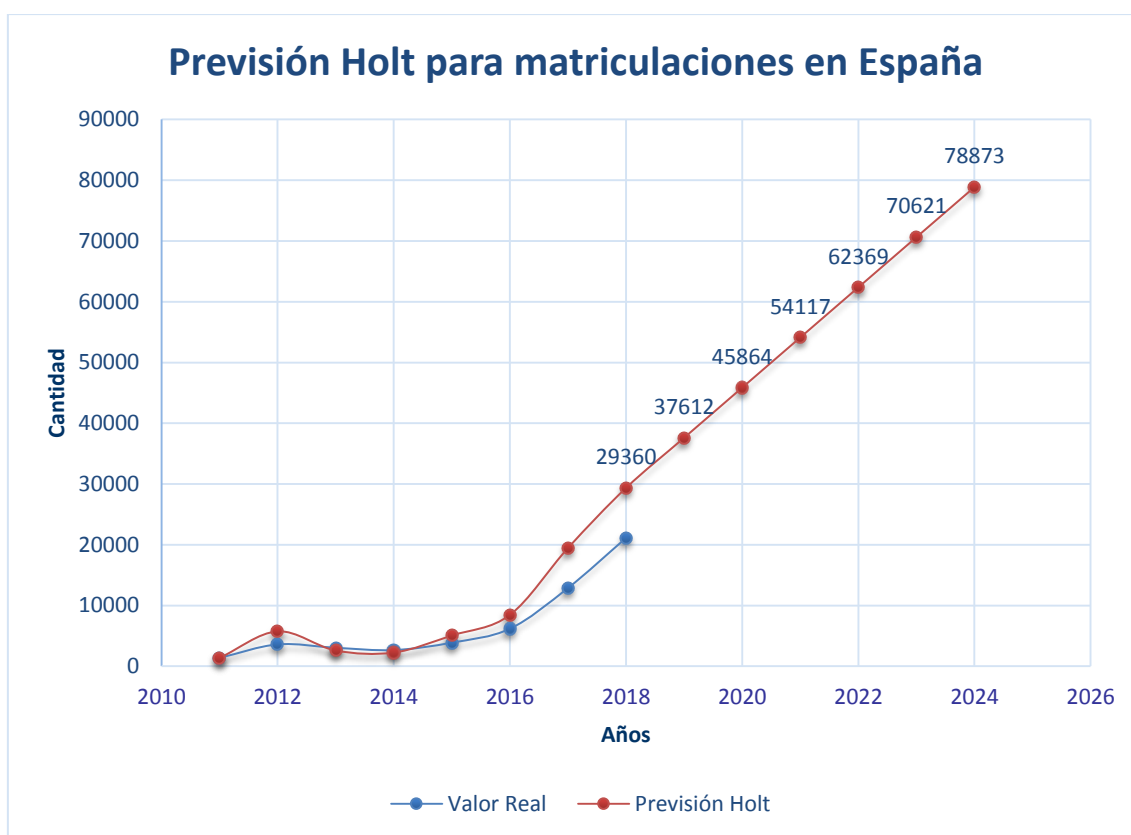


Fig. 30.Previsión Holt de matriculaciones de vehículos eléctricos en España

A la vista de los resultados, a mediados de la futura década, en 2025, en España la cifra de matriculaciones de vehículos eléctricos alcanzará las 78.873 unidades. Partiendo de los parámetros α y β optimizados, el promedio del error, entre la estimación y el valor real, es de 1974 unidades para los años 2011- 2018.

2.10 Previsiones para la matriculación de vehículos eléctricos en Madrid

TABLA 10.PREVISIÓN HOLT PARA MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MADRID

Años	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor Real	9278							
Previsión Holt	9029	12862	16448	20034	23620	27207	30793	34379
Error	3%							

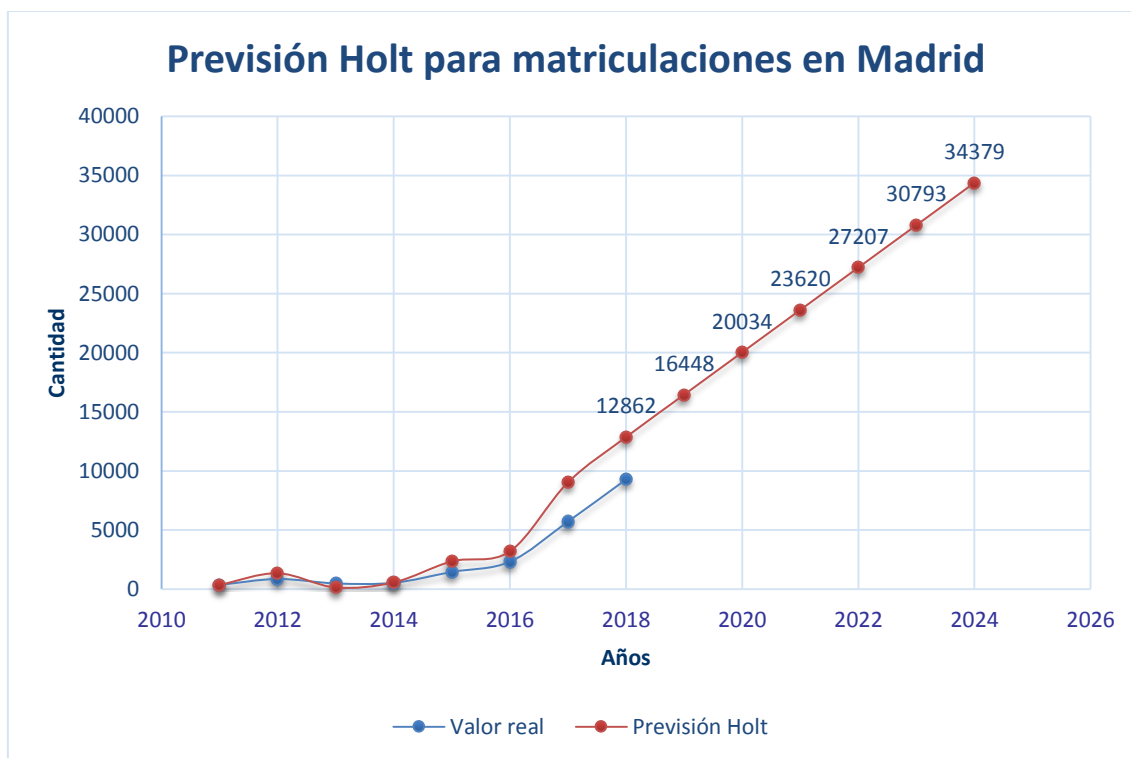


Fig. 31.Previsión Holt de matriculaciones de vehículos eléctricos en Madrid

A la vista de los resultados se puede observar que la presencia del vehículo eléctrico incrementa su participación en los mercados paulatinamente. En base al pronóstico realizado, para el año 2025 en la ciudad de Madrid se espera que la cifra de matriculaciones alcance el valor de 34379 unidades. Es decir, la participación en el

mercado comenzará a ser algo interesante, algo que a día de hoy apenas tiene relevancia. Partiendo de los parámetros α y β optimizados, el promedio del error, entre la estimación y el valor real, es de 777 unidades para los años 2011- 2018.

2.11 Parque de vehículos eléctricos por comunidades autónomas

Para finalizar con este capítulo, se analizará de manera gráfica mediante una tabla y un mapa de político España la situación actual (con datos del año 2018, en el mes de diciembre) del parque de vehículos en las Comunidades Autónomas. Todos los datos han sido obtenidos de nuevo a través de la DGT.

TABLA 11. PARQUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PARQUE DE VEHÍCULOS (TURISMOS)
GALICIA	588
ASTURIAS	233
PAÍS VASCO	702
NAVARRA	175
CATALUÑA	4458
CANTABRIA	118
LA RIOJA	54
ARAGÓN	317
CASTILLA Y LEÓN	489
COMUNIDAD DE MADRID	12902
CASTILLA-LA MANCHA	506
COMUNIDAD VALENCIANA	1256
ISLAS BALEARES	870
EXTREMADURA	184
REGIÓN DE MURCIA	307
ANDALUCÍA	1513
CANARIAS	879
CIUDAD AUTÓNOMA DE CEUTA	11
CIUDAD AUTÓNOMA DE MELILLA	12

Según los datos obtenidos, a priori, las Comunidades Autónomas con un PIB mayor (Madrid, Cataluña, País Vasco...), contarían con un mayor número de turismos

impulsados por energía eléctrica, y, en cierta forma, parece que los datos se corresponden con la premisa que se acaba de postular; pese a eso, otras Comunidades como Andalucía cuentan con una cifra importante de estos turismos al igual que Canarias y la Comunidad Valenciana. Nótese que la cifra más alta se encuentra en la Comunidad de Madrid, con 12902 unidades.

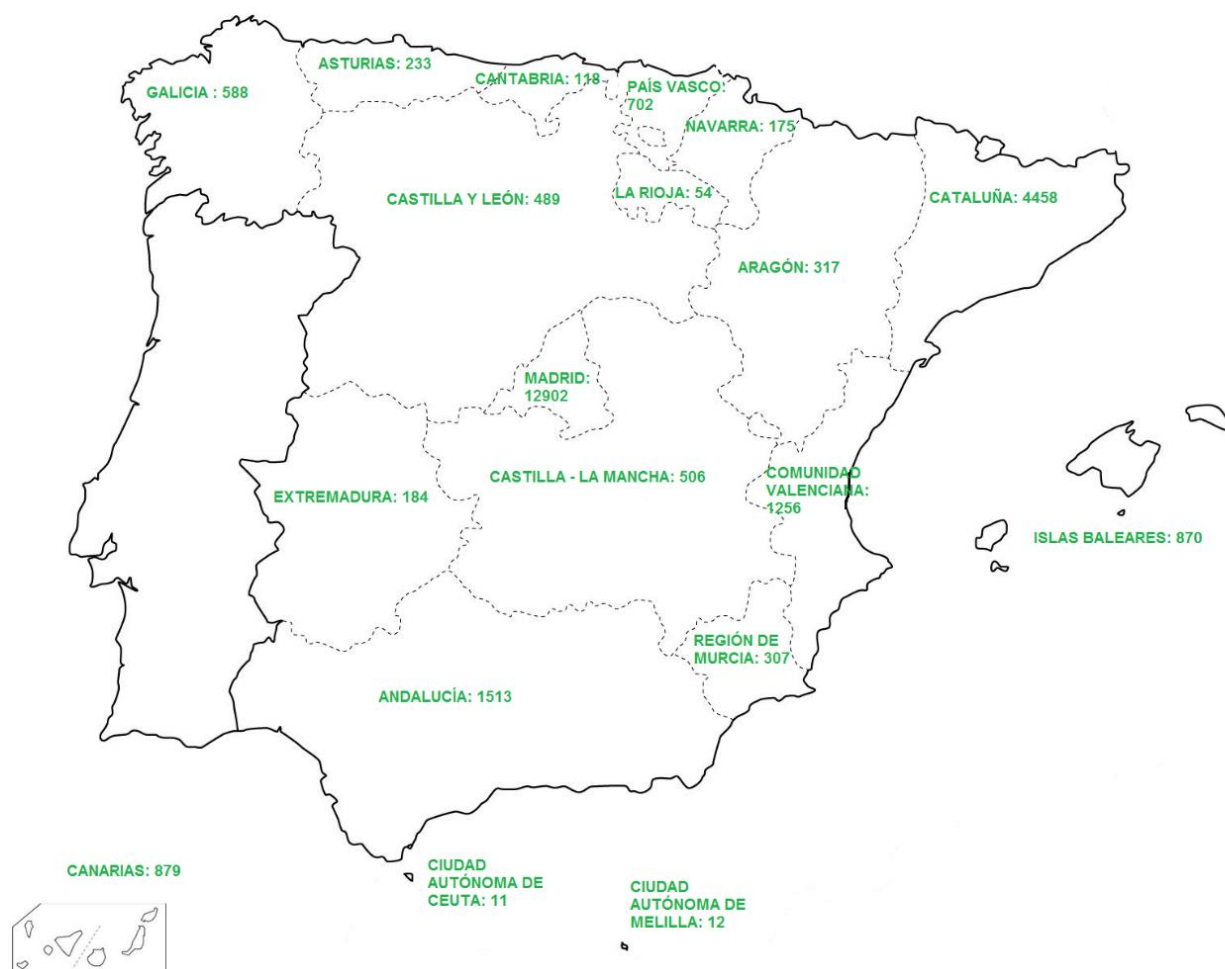


Fig. 32. Parque de vehículos eléctricos por comunidades autónomas

3 ESTADO DEL ARTE DE LAS BATERÍAS ELÉCTRICAS

3.1 Introducción y conceptos.

Se denomina batería eléctrica a un dispositivo que se encarga de almacenar en su interior energía eléctrica mediante mecanismos electroquímicos. Esta energía posteriormente es devuelta al usuario con un cierto rendimiento, lo que implica de forma directa que existan pérdidas de energéticas en este proceso.

Dentro de las características de las baterías se pueden destacar:

- **Tensión de la batería:** Este parámetro está determinado por la diferencia de potencial entre los elementos del ánodo y del cátodo, respectivamente. La unidad de medida es el voltio (V).
- **Capacidad de la batería:** Cantidad máxima de carga eléctrica que es capaz de almacenar la batería. La unidad más común de medida es el amperio-hora (Ah), aunque en determinadas ocasiones se emplea el parámetro denominado capacidad específica (Ah/ Kg).
- **Energía de la batería:** Máxima cantidad de energía que la batería puede almacenar en su interior. La unidad de medida es el vatio-hora (Wh). Se calcula como *tensión nominal (V) · capacidad (Ah)*. También es común expresar la energía como energía específica (Wh/ Kg).
- **Ciclo de vida de la batería:** Máximo de los ciclos de descarga y de carga que se pueden producir hasta que la capacidad de la batería merme a un 80% de la capacidad nominal de esta.
- **Profundidad de la descarga:** Tensión límite máxima de descarga por debajo de la cual no es recomendable trabajar, ya que la batería podría sufrir efectos adversos en su comportamiento.
- **Rendimiento de la batería:** Cociente existente entre la energía que la batería es capaz de acumular en su interior y la energía que es capaz de entregar durante el proceso de descarga de la misma.

Actualmente el mercado de baterías recargables está enfocado principalmente a usos secundarios, tales como energizar el motor de arranque de vehículos de combustión o como sistemas de alimentación ininterrumpidos. Con la llegada de los mecanismos que incitan a la compra de vehículos eléctricos, muchos programas de desarrollo continúan elaborando nuevas técnicas que permitan modificar el tamaño de

las baterías de forma que se minimice el tamaño y se maximice la capacidad de estas. Es decir, se pretende conseguir la mayor autonomía posible con el menor tamaño y peso posible. Resumiendo las principales ideas:

- El nivel de eficiencia energética de nuestro vehículo debe ser una prioridad básica.
- Se debe mejorar de forma constante de la fiabilidad de las baterías.
- Es importante conseguir rendimientos elevados en las baterías.
- El reciclaje de las baterías debe poder realizarse de manera rápida, sencilla y con el menor impacto ambiental posible

3.2 Qué tipo de baterías existen en la actualidad.

3.2.1 Baterías convencionales.

3.2.1.1 Baterías de plomo – ácido.

Se parte de la base de que esta es una tecnología muy madura, lo cual se traduce en un bajo costo. La disponibilidad de estas baterías es muy alta. Los componentes son fácilmente reciclables: aproximadamente el 95% de estos se pueden reciclar. El modelo más empleado dentro de los vehículos eléctricos es la batería hermética de válvula regulada (VRLA) de tipo AGM.

Entre las **ventajas** destacan:

- Las células cuentan con una tensión nominal de alrededor de 2V.
- Como es una tecnología madura, el coste ronda los 100 – 125 \$/kWh
- Gran capacidad de suministrar altas potencias
- El rango de temperatura para su recarga oscila entre los -40°C y 50°C

Entre las **desventajas** destacan:

- El impacto ambiental es muy negativo debido a los componentes tóxicos que conforman estas baterías, tales como el antimonio, arsénico y plomo
- La energía específica es muy baja. Ronda los 10 – 40 Wh/ kg.
- El número total de ciclos de carga y descarga ronda la cifra de 400 – 800 ciclos aproximadamente.

3.2.1.2 Baterías de níquel – hidruro metálico.

El uso y la aplicación de nuevas aleaciones para el almacenamiento de hidrógeno han permitido la evolución significativa de las baterías alcalinas de níquel – cadmio. Este hecho ha permitido que se constituyan como la batería predilecta de los fabricantes de vehículos híbridos, siendo esta tecnología la que domina el 90% del mercado de este sector.

Entre las **ventajas** destacan:

- Las baterías no presentan mantenimiento alguno, lo que contribuye a la tranquilidad del usuario.
- Resulta posible el poder realizar una carga rápida, que oscilará entre 1 – 3 horas.
- La capacidad específica de estas baterías ronda los 75 Wh/ kg.
- El rango de funcionamiento oscila entre los -30°C y 75°C.

Entre las **desventajas** destacan:

- El número de procesos de carga y descarga de estas baterías es bastante limitado, siendo este de alrededor de 300 a 600 ciclos a lo largo de su vida útil.
- El llamado efecto memoria (que reduce la capacidad de las baterías cuando se realizan cargas incompletas) existe, aunque es moderado.
- Su autodescarga es bastante elevada. Una batería de Ni-MH tienen una tasa de autodescarga mayor del 10 % en 24 horas, debido a los átomos de hidrógeno en fuga.



Fig. 33. Interior de una batería Ni – Mh de Panasonic empleada en el Toyota Prius [12]

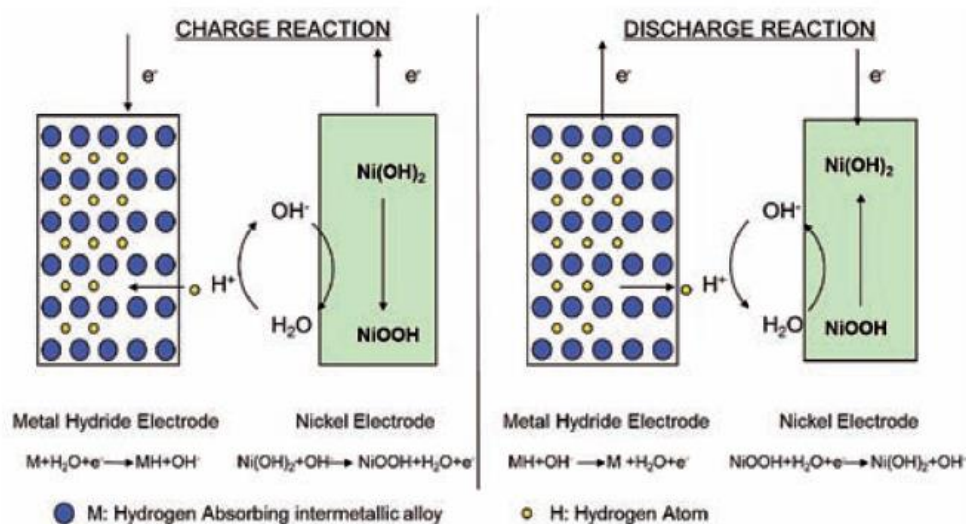


Fig. 34. Reacciones químicas producidas en el interior de una batería Ni-MH [12]

3.2.1.3 Baterías de ión – litio.

Hoy en día esta es la tecnología más implantada y está a la cabeza para proclamarse como la solución para la tracción de vehículos eléctricos a medio plazo. Este hecho es debido a que a principios de siglo se empleó grafito como elemento para el electrodo negativo, obteniéndose así una capacidad específica mucho más elevada.

Entre las **ventajas** destacan:

- Poseen la tensión nominal más alta, siendo esta 3,7V a 4,2V.

- El impacto ambiental que presenta esta tecnología es bastante moderado.
- La energía específica ronda los 150 Wh/ kg. Aproximadamente el doble que las baterías de NiMH y cuatro veces más que las baterías de plomo – ácido.
- Apenas sufren sobrecalentamiento. Son baterías que se pueden estar conectadas al cargador de red, aunque ya haya completado su ciclo de carga sin sufrir daño alguno.
- La temperatura adecuada de funcionamiento oscila en torno de 0°C y 60°C.

Entre las **desventajas** destacan:

- Poseen un elevado coste, pudiendo llegar a los 800 \$/kWh.
- Pérdida de rendimiento una vez que se alcanzan temperaturas de operación demasiado elevadas, por encima de 65°C.

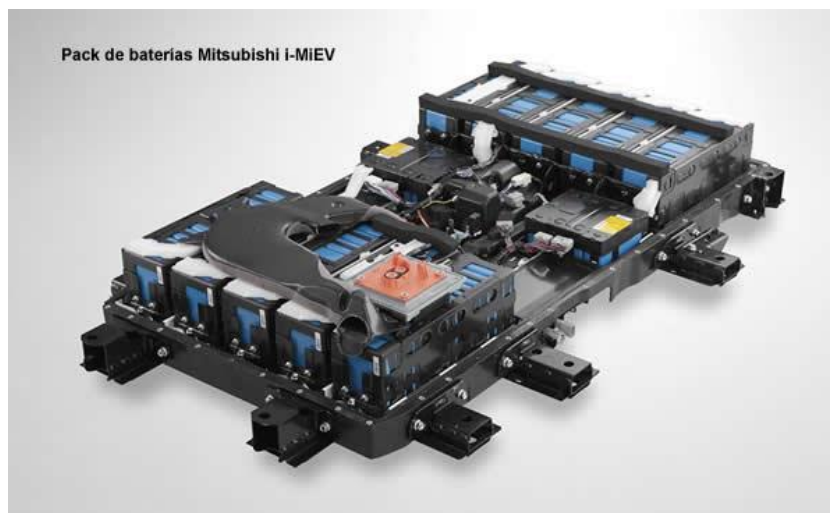


Fig. 35. Pack de baterías del Mitsubishi i-MiEV [11]

De esta forma, comparando las tres tecnologías convencionales:

TABLA 12.COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS DE BATERÍAS CONVENCIONALES [1]

BATERÍA	PLOMO - ÁCIDO	NI - MH	IÓN LITIO
Tensión (V)	2	1,2	3,7 – 4,2
Energía (kWh/kg)	10 – 40	75	150
Número de ciclos de recarga	400 – 800	300 – 600	500 – 3000
Coste (\$/kWh)	100 – 125	220 – 400	250 – 800
Impacto en el medio ambiente	Alto	Bajo	Moderado - Bajo

3.2.2 Baterías de nuevo desarrollo.

Los requerimientos de los vehículos eléctricos implican baterías que posean una elevada potencia específica y una elevada energía específica; ambas con el menor peso de posible. La mayor parte de los fabricantes, actualmente, prefieren fabricar baterías de tecnología ión litio para sus coches, alcanzando a lo sumo autonomías más de 160 km tras una carga completa. Ello, sumado a que el 50% del precio final del vehículo corresponde a la batería, son los responsables últimos de investigar y desarrollar nuevas alternativas como las que se exponen en las siguientes líneas.

3.2.2.1 Baterías de sodio – beta.

Se definen como baterías de alta temperatura que contienen en su interior sodio metálico. Con el transcurrir de los años muchas fueron las innovaciones propuestas en este tipo de baterías, pero finalmente la opción ganadora fue la batería denominada sodio – beta. Presentan dos características importantes:

- El sodio líquido es el material activo en el electrodo negativo.
- La cerámica beta – alúmina ejerce las funciones como electrolito.

Las **ventajas** que ofrece este tipo de tecnología:

- Su ciclo de vida es alto, ya que sus electrodos se encuentran en fase líquida.
- Presenta una alta densidad de energía y potencia.
- Presenta una operación flexible, ya que presenta un amplio rango de operaciones en cuanto a temperatura y profundidad de descarga.

- El coste es mucho más bajo comparado con otro tipo de baterías avanzadas, ya que las materias primas empleadas son baratas.

Entre las **desventajas** destacan:

- Necesita altos niveles de seguridad a consecuencia de que la reacción con materiales activos fundidos ha de ser controlada exhaustivamente.
- La celda necesita de un buen sellado duradero en el tiempo.
- Se debe realizar una adecuada gestión térmica de la batería.

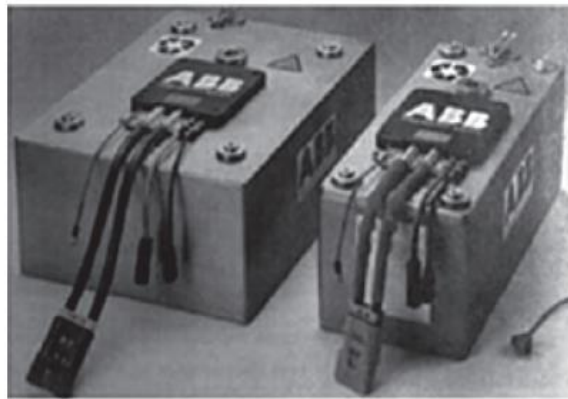


Fig. 36. Batería de marca ABB para vehículos eléctricos [2]

La batería que aparece en la anterior imagen presenta un estado no comercializado. Por tanto, no se pudo llegar a demostrar el objetivo de coste de 150\$/kWh. Fueron probadas en numerosos vehículos eléctricos, como la serie 300 de BMW y unos vehículos de demostración de la serie Ford Ecostar.

A continuación se muestran las especificaciones de baterías reales de sodio – beta en diversos programas para vehículos eléctricos en los EEUU, ya que en España apenas se encuentra información adecuada sobre ellas. También se indican los principales fabricantes de este tipo de baterías.

TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DE BATERÍAS SODIO – BETA PARA PROGRAMAS DE DESARROLLO EN EEUU [2]

FABRICANTE	ABB	SPL	MES
Designación	B17	HP	Z5C
Química	Na/S	Na/S	Na/NiCl ₂
Tipo de celda	A08	PB	ML3
Tensión (V)	96	176	278 y 557
Número de celdas	240	1408	2016
Conexión de la celda	48S X 5P	(4 – 5 S X 16P) X 20S	216S X 1P y 108S X 2P
Energía (kWh)	19,2	27,7	17,8
Peso (kg)	175	250	189
Energía específica (Wh/kg)	118	117	94
Potencia específica (W/kg)	215	240	170

3.2.2.2 Baterías de metal – aire genéricas.

La investigación en este tipo de baterías está siendo desarrollada con especial ahínco. Presentan una alta densidad energética y una alta energía específica (requisitos ideales para un vehículo eléctrico) debido al alto par electroquímico que presentan su ánodo de aire altamente reactivo y su cátodo de aire. Presentan un contacto directo con el aire porque son sistemas abiertos. De esta manera, en la figura mostrada a continuación se pueden ver las tres partes que conforman la batería: electrolito, cátodo de aire y ánodo metálico. El aire puede acceder al interior de la batería a través del cátodo de aire; así el O₂ del aire tomará parte de las reacciones redox. Los metales empleados para fabricar los ánodos son: litio, zinc, magnesio y aluminio.

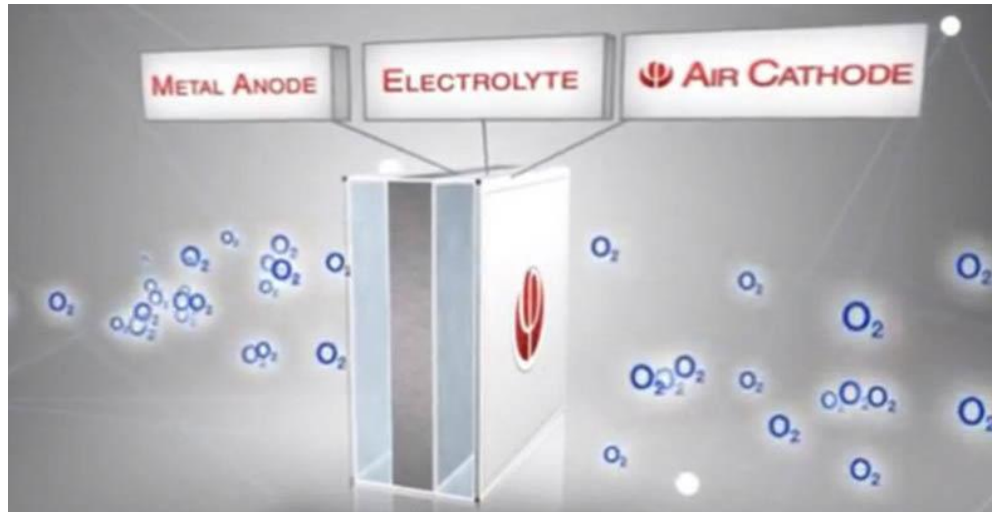


Fig. 37. Reacciones químicas producidas en el interior de una batería de metal – aire genérica [8]

Las **ventajas** que ofrece este tipo de tecnología:

- El oxígeno contenido en el aire es uno de los reactivos principales de las reacciones químicas producidas. Gracias a ello el peso de la batería se reduce de forma notoria y se libera más espacio dentro del propio vehículo para disponer de un mayor número de acumuladores energéticos.
- La batería cuyos componentes son litio y aire presenta la mayor densidad energética de todos los metales potenciales que se emplean para fabricarlas, alcanzando los 13000 Wh/kg.
- Debido al anterior punto se convierten en competidoras directas de los motores gasolina.

Entre las **desventajas** destacan:

- Son baterías que permiten una sola descarga
- Dependiendo del tipo de par electroquímico los retos para la recarga varían de unas baterías a otras

En la siguiente imagen se comparan las diferentes densidades energéticas que ofrece este tipo de tecnología según se empleen en su fabricación unos metales u otros. Nótese la similitud de energía específica entre esta batería alternativa y la gasolina.

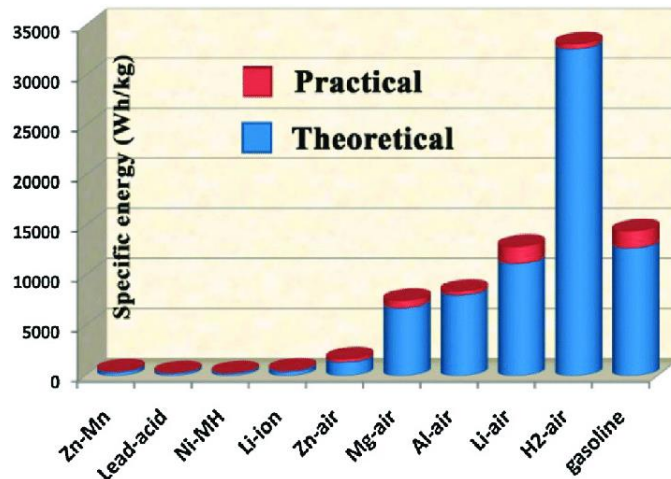


Fig. 38. Energía específica contenida en diferentes tipos de baterías [4]

3.2.2.3 Baterías de litio – aire.

Este tipo de baterías alcanzar entre cinco y diez veces más densidad energética la solución de ión litio. Incluyendo la masa de O_2 , se obtienen valores de 5200 Wh/kg y 18,7 Wh/kg. La tensión nominal de la célula alcanza 2,91V. Dependiendo del tipo de electrolito y los materiales empleados para su fabricación, estas baterías se pueden desglosar en cuatro grandes grupos:

- 1) Con electrolito acuoso
- 2) Con electrolito no acuoso
- 3) Electrolito en estado sólido
- 4) Mixto: con electrolito no acuoso y acuoso

A continuación se muestra una imagen donde se clasifican los anteriores grupos:

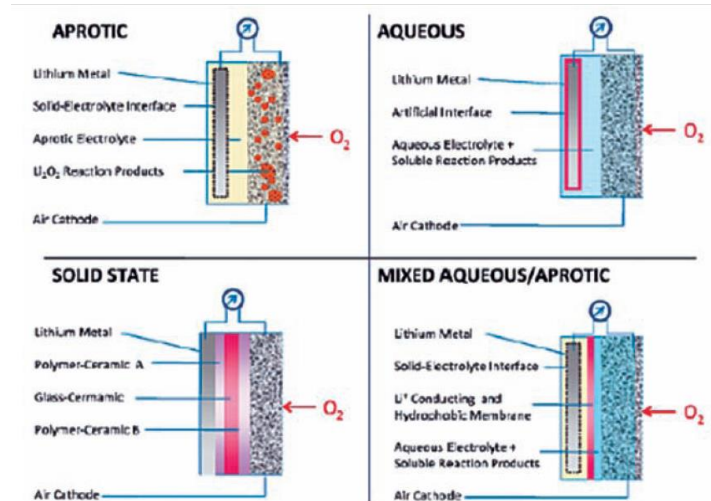


Fig. 39. Tipos de batería de litio – aire según el tipo de electrolito [2]

Entre las **ventajas** de este tipo de tecnología se encuentra la alta densidad energética, hecho que las convierte en soluciones altamente atractivas de cara a los años venideros, si bien es cierto que todavía presentan grandes **desventajas**, entre las que destacan:

- A consecuencia del bloqueo de los poros del cátodo impiden el paso de O_2 . Ello conlleva a que se produzcan descargas incompletas.
- El litio metálico presenta comportamientos erráticos en presencia de humedad

Tal y como se puede observar en la siguiente imagen adjunta, la distancia que alcanzarán los vehículos eléctricos del futuro depende de la tecnología empleada en sus baterías. El litio – aire es sin duda la tecnología que más ventajas ofrecerá una vez hayan solventado los problemas anteriormente descritos.



Fig. 40. Montaje de una batería litio – aire en el interior de un vehículo eléctrico [6]

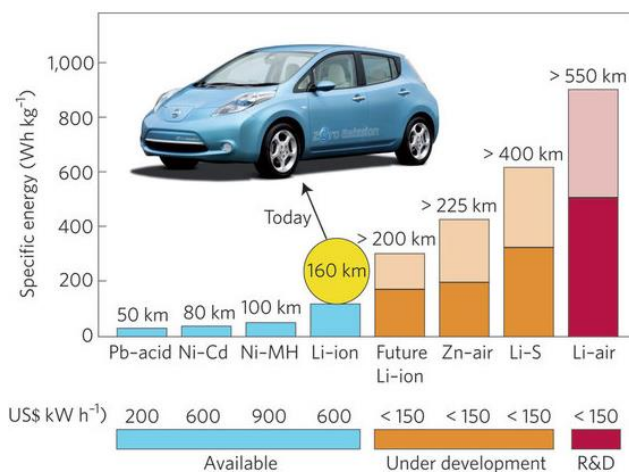


Fig. 41. Distancia recorrida por un vehículo eléctrico según el tipo de batería [6]

3.2.2.4 Baterías aluminio – aire.

A consecuencia de poder sustituir de forma mecánica el ánodo de aluminio cuanto este se ha agotado, este tipo de tecnología se convierte en una de las opciones más ventajosas de cara a la celeridad en cuanto a la recarga de la batería, llegándola a comparar con el tiempo de llenado del depósito de un vehículo gasolina o diésel.

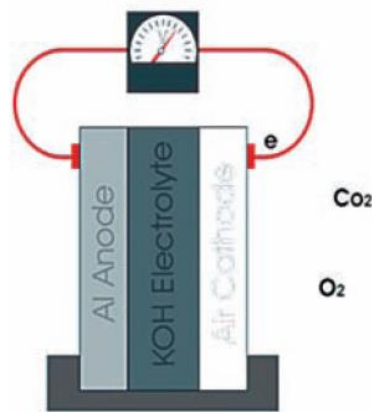
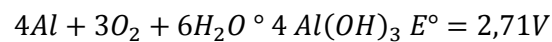


Fig. 42. Batería aluminio – aire en forma esquemática [2]

Aunque a nivel real no se ha podido demostrar con datos y resultados positivos el poder realizar una recarga mecánica de manera eficiente, en los laboratorios han logrado resultados prometedores que incentivan la investigación y desarrollo en este tipo de tecnología a corto plazo. La reacción de la celda electroquímica de esta batería es la siguiente:



Entre las **ventajas** de esta tecnología destacan:

- Gran capacidad de almacenamiento de energía eléctrica sin los peligros que conlleva el emplear litio.
- El aluminio es el metal más abundante del planeta, luego el coste de estas baterías será reducido.
- La densidad energética es una de más altas, alcanzando los 4302 kWh/kg. Esto es, multiplica por ocho la densidad energética de las baterías de ión litio.
- El peso de la batería, comparada con una de ión litio, es significativamente menor.

Entre las **desventajas** de esta tecnología destacan:

- Presentan una baja potencia, por lo que necesitarían de baterías auxiliares para el arranque en seco del vehículo y para las aceleraciones en carretera.

- Se están buscando soluciones para poder posibilitar que la reacción química tenga lugar en ambos sentidos. Por tanto se trabaja arduamente en encontrar aleaciones de aluminio adecuadas.

3.2.2.5 Baterías ZEBRA o de sal fundida

Sin duda, este tipo de baterías se encontrarían dentro del rango de las más prometedoras a largo plazo. Emplea sodio-aluminio-cloro (NaAlCl_4) o sodio-níquel-cloro (NaNiCl) triturado, que tiene un punto de fusión de $157\text{ }^{\circ}\text{C}$, como electrolito. El electrodo negativo es sodio triturado. El electrodo positivo es níquel, cuando está la batería descargada, y cloruro de níquel cuando está cargada.

Entre las **ventajas** de esta tecnología destacan:

- Gran capacidad de almacenamiento de energía eléctrica, llegando a cifras de 90 Wh/kg .
- Los elementos que conforman esta batería (sodio, cloro y aluminio) tienen una alta disponibilidad alrededor de todo el planeta y unas reservas totales que superan con creces a las baterías de ión de litio.
- La vida útil de estas baterías se puede alargar hasta los 1500 ciclos de recarga.
- El electrolito de beta-alúmina que ha sido desarrollado para este sistema es muy estable, tanto para el sodio metálico como para el cloroaluminato de sodio.

Entre las **desventajas** de esta tecnología destacan:

- Presentan una alta temperatura de trabajo, siendo este rango de temperaturas de $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $350\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Después de una completa desconexión de la batería, una batería completamente cargada suele tardar tres días en enfriarse y solidificar.



Fig. 43. Pack de baterías ZEBRA para vehículo eléctrico [11]

3.3 Tipo de batería de los vehículos con más autonomía del mercado.

En este apartado se expondrán los vehículos con más autonomía que existen en el mercado y cuál es la cantidad máxima de kilómetros que pueden recorrer antes de recargar de nuevo sus baterías. En la comparativa se emplea la autonomía WLTP, que entró en vigor el 1 de septiembre de 2018 y obliga a realizar pruebas más cercanas a la conducción real para que sus resultados también se ajusten más a la realidad.

TABLA 14.COMPARATIVA DE LAS BATERÍAS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS NO PREMIUM CON MÁS AUTONOMÍA DEL MERCADO [61]

MODELO	AUTONOMÍA WLTP (km)	CAPACIDAD (kWh)	CONSUMO MEDIO (kWh/100km)	TECNOLOGÍA DE LA BATERÍA
Tesla Model 3 Long Range	490	80,5	20	lón litio
Opel Ampera- e	415	60	No especificado	lón litio
Tesla Model 3 Standard	385	55	20	lón litio
Renault ZOE	300	41	13,3	lón litio
BYD E6 400	300	82	No especificado	Litio - ferrofosfato
Nissan Leaf 2018	285	40	20	lón litio
BMW i3	255	22	11,5	lón litio
Volkswagen e- Golf	225	35,8	15	lón litio

A continuación, se procederá a comparar la evolución de la autonomía en los últimos cuatro años, que abarcan el período de 2015 a 2019. Tal y como se puede apreciar, elaborando una media móvil simple, la autonomía de los vehículos eléctricos se ha multiplicado por dos. Pese a este avance, todavía sigue siendo una autonomía insuficiente.

TABLA 15.AUTONOMÍA DISPONIBLE EN EL AÑO 2015 [61]

MODELO	AUTONOMÍA (kWh)	AUTONOMÍA (km)
Reva L – ion	11	120
Think City	25	200
Mitsubishi i – Miev	16	130
Citröen C – Zero	16	130
Renault Fluence ZE	22	160
Nissan Leaf	24	160
Tesla Roadster 42	42	257
Tesla Roadster 70	70	483
MEDIA	28,25	205



Fig. 44.Pack de baterías del i – Miev [11]

TABLA 16. AUTONOMÍA DISPONIBLE EN EL AÑO 2019 [61]

MODELO	AUTONOMÍA (km)
Nissan Leaf e+	385
Audi e – Tron	400
Hyundai KONA eléctrico	449
Kia e – Niro	450
Mercedes EQC	450
Jaguar I – Pace	480
Kia Solu EV	482
Tesla Model 3	560
Tesla Model X	565
Tesla Model S 100 D	632
MEDIA	485

3.4 Reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

Según el Real Decreto 710/2015, de 24 de julio, en el artículo 5, en aplicación del artículo 31 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, expone que: todo productor estará obligado, a hacerse cargo de la recogida y gestión de las cantidades y tipos de pilas, acumuladores y baterías usados que haya puesto en el mercado, para su venta al usuario final en territorio español, cualquiera que haya sido la modalidad de venta, ya sea directa, electrónica, por correo o automática.

De esta forma, pilas, acumuladores y baterías de automoción deben ser recogidas y gestionadas una vez haya concluido su vida útil en el vehículo eléctrico. Por tanto, en aplicación de los artículos 31 y 32 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, el productor deberá hacerse cargo, de forma individual o colectiva, de la recogida y gestión de las baterías. Ello conlleva a que cada empresa fabricante de vehículos eléctricos deba implementar una solución óptima y efectiva para tratar sus baterías una vez haya finalizado su vida útil dentro del vehículo.

Aunque a nivel nacional exista una legislación que indique qué hacer y a quién corresponde la obligación de gestionar las baterías tras su periodo de utilidad como fuente de energía para el movimiento del vehículo, no se están implementando soluciones efectivas a día de hoy. La mayor parte de los proyectos e ideas a este respecto se están desarrollando fuera de España. Como estas soluciones no son competencia directa del Estado, sino que corresponden a los productores, resulta

imposible unificar en un solo proyecto el qué hacer con estas baterías: cada compañía lanzará su propia ruta de actuación para tratar con este problema. Marcas como Nissan, Renault, BMW y BYD están lanzando varios proyectos e iniciativas comerciales.

Según el informe publicado por “IDTechEx Research: Second-life Electric Vehicle Batteries 2019-2029”, para el año 2029, las baterías en desuso de los vehículos eléctricos llegarán a proporcionar alrededor de 108 GWh. Esto implica que unos tres millones de baterías circulen sin un destino fijo.

Tal y como muestra el informe, el coste actual de dotar a las baterías de una segunda vida oscila entre 75 – 100 \$/kWh. Si bien es cierto que este elevado coste podrá llegar a ser menor de 20 \$/kWh. Por ello, unas de las soluciones que más aceptadas en el sector es el ofrecer estas baterías como fuente de energía secundaria para los hogares que utilicen fuentes renovables en su suministro energético.

En la siguiente imagen, se aprecia la evolución anual de la capacidad que serán capaces de disponer las baterías, observando el incremento que supondrá en los próximos diez años.

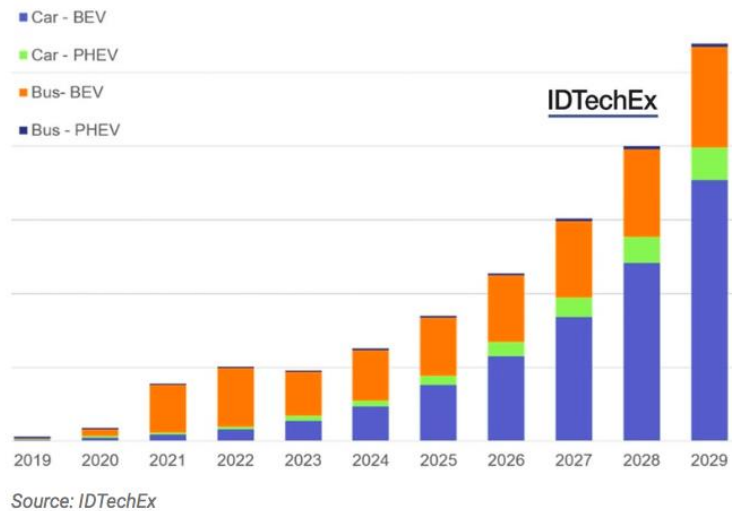


Fig. 45.Evolución de la capacidad disponible de las baterías eléctricas [38]

4 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

4.1 Introducción al vehículo eléctrico.

Se define vehículo eléctrico como todo aquel que se enchufa a la red eléctrica para proceder a la recarga de sus baterías y que son movidos mediante motores eléctricos de inducción. La temática del documento tratada a continuación trata acerca de los automóviles de turismos, ya que de esta forma el análisis se simplifica.

Ya en el siglo XIX numerosos ingenieros de la época desarrollaban con arduo esfuerzo vehículos movidos por electricidad, con grandes resultados. Sin embargo, esta tecnología quedó estancada durante más de cien años a consecuencia de que la tecnología de las baterías plomo – ácido era muy limitada y excesivamente peligrosa. Por esta razón, los productos derivados del petróleo se impusieron sobre las baterías eléctricas; hecho que se ha mantenido invariable hasta el día de hoy. Así pues, el paradigma actual del transporte ha cambiado, aunque no todavía no se es capaz de dar respuesta al siguiente hecho. La gasolina y el gasóleo poseen una mayor densidad energética y flexibilidad que la más avanzada de las baterías: 13 kWh/kg en la gasolina (lo que equivale a 8,9 kWh/litro) y 12,7 kWh/kg en el gasóleo, frente a los 0,16 kWh/kg que proporciona la última generación e baterías de iones de litio.

Los hidrocarburos, al poseer una mayor densidad energética, garantizan una autonomía mayor que los vehículos eléctricos, a pesar de su ineficiencia para convertir la energía química almacenada en kilómetros recorridos. Así pues, se requieren tan solo unos pocos minutos para llenar por completo el depósito, frente a las numerosas horas que son necesarias para recargar los actuales vehículos eléctricos, y existe una gran infraestructura muy bien desarrollada de gasolineras, frente a su ausencia en el caso de los vehículos eléctricos.

Pese a este anterior hecho, a priori incontestable, los vehículos eléctricos comienzan a formar parte del mercado por las siguientes razones:

- a) **Son medios de transporte ecológicos:** los gases de efecto invernadero producidos por los motores térmicos de los vehículos convencionales, al quemar combustibles derivados del petróleo, son muy elevados. Uno de los coches de

los que actualmente circulan por nuestras carreteras, de los que menos contamina (Marca Toyota, modelo Yaris Hybrid), produce 101,2 g/km de CO₂. Sabiendo que la estimación actual de coches en España es de alrededor de 30 millones solo en la categoría de turismos y suponiendo un recorrido medio de 25000 km por coche, un simple cálculo demuestra que la contaminación anual producida es 76,5 millones de toneladas de CO₂.

Algunas personas defienden que los coches eléctricos son igual de contaminantes que los actuales que disponen de motor de combustión interna. Sin embargo, sí que es cierto que la energía eléctrica que consume un vehículo eléctrico produce efectos contaminantes en la atmósfera. Pero estas emisiones se podrán reducir en gran medida o incluso anularse si se utilizan energías verdes. Utilizando coches eléctricos se consigue eliminar la contaminación de las grandes ciudades que, al fin y al cabo, es donde se concentra la totalidad de ésta

b) La eficiencia energética: está demostrado que la eficiencia de un motor eléctrico se encuentra alrededor del 80-90%, mientras que la de un motor de combustión interna oscila entre un 25-30%. Con solo fijarse en los rendimientos nos damos cuenta del ventajoso aprovechamiento energético que hacemos gracias al vehículo eléctrico. En consecuencia, de cada cien litros de gasolina que adquiero del surtidor de combustible de la gasolinera, estoy perdiendo las tres cuartas partes de lo que me ha costado en calor, ruido, pérdidas mecánicas, fricción entre las partes... Además del rizado de par que me proporciona un motor de combustión, que hace que la conducción sea mucho más ineficiente. En conclusión, un mejor aprovechamiento de la energía implica un mejor aprovechamiento de las redes de distribución así como de la energía eléctrica que se genera en las centrales.

c) Desarrollo de tecnologías en electrónica de potencia y baterías: el incremento en investigación y desarrollo de acumuladores de energía eléctrica ha permitido la apertura en el mercado de este tipo de automóviles. La gran capacidad de las nuevas baterías y el abaratamiento del coste de los materiales empleados en su fabricación han hecho posible que determinados sectores de la población vean al vehículo eléctrico como una alternativa de transporte a largo plazo.

- d) La dependencia de combustibles fósiles:** nuestro país depende excesivamente del combustible comprado a países extranjeros. Con la llegada del vehículo eléctrico disminuiría enormemente este hecho, mejorando la balanza de pagos del país.

4.2 Tipología de vehículos eléctricos.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar cuatro tipologías de vehículos de este tipo:

- Vehículo eléctrico puro
- Vehículo eléctrico híbrido enchufable
- Vehículo eléctrico híbrido no enchufable
- Vehículo eléctrico de autonomía extendida

4.2.1 Vehículo eléctrico puro.

De sus siglas en inglés BEV: battery electric vehicle.

Son conocidos como vehículos totalmente eléctricos. Este tipo de vehículos está impulsado por uno o varios motores eléctricos de corriente alterna. La recarga de sus baterías se realizaría conectándose a la propia red. Así pues, la recarga también podría realizarse mediante un sistema de frenado regenerativo.

Actualmente, la capacidad de las baterías que incorporan estos vehículos oscila los 40 kWh. Los modelos que han sido anunciados para los años 2019 y 2020 dispondrán de una batería que alcanzará los 60 kWh de capacidad. Algunos fabricantes, en su gama de vehículos Premium, disponen de baterías de 100 kWh.

Por tanto, resumiendo las características más importantes:

TABLA 17.RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN BEV

PROPULSADO POR	Motor eléctrico de corriente alterna
FUENTE DE ENERGÍA	Batería eléctrica
AUTONOMÍA ELÉCTRICA	200 – 500 km



Fig. 46.Elementos internos del Nissan Leaf

Y entre los modelos de vehículos se encuentran:

TABLA 18.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN BEV

MARCA	MODELO
Tesla	Roadster, Model S, Model X
BMW	I3
Nissan	Leaf, eNV – 200
Kia	Soul EV
Mercedes Benz	Clase B electric drive
Volkswagen	Golf eléctrico
Peugeot	Ion

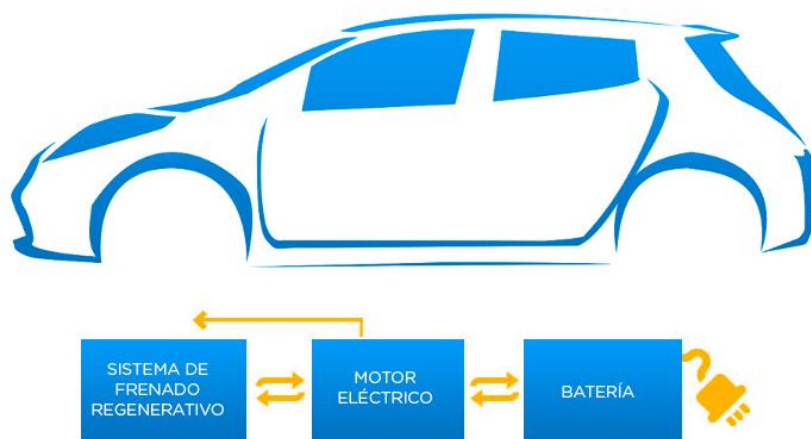


Fig. 47. BEV representado de forma esquemática [60]

4.2.2 Vehículo eléctrico híbrido enchufable.

De sus siglas en inglés PHEV: plug – in hybrid electric vehicle.

Estos vehículos destacan por la combinación de dos motores: un motor eléctrico y otro de combustión interna, pudiendo, de hecho, actuar simultáneamente. La alimentación del motor asíncrono se realizaría a través de las baterías, las cuales se recargarían a través de la propia red o a través de un sistema de frenado regenerativo. En cuanto a emisiones se refiere, destacar que se generaría CO_2 contaminante derivado de la combustión producida en el interior del motor. El motor de combustión interna entra en funcionamiento cuando una velocidad determinada es sobrepasada o cuando la batería no tiene la carga suficiente para impulsar al vehículo.

La capacidad de la batería eléctrica oscila en torno a los 8 – 10 kWh, con unas autonomías que parten de los 30 km hasta los 50 km.

Por tanto, resumiendo las características más importantes:

TABLA 19. MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN PHVE

PROPULSADO POR	Motor eléctrico Motor MCI
FUENTE DE ENERGÍA	Batería eléctrica Combustible fósil
AUTONOMÍA ELÉCTRICA	30 – 50 km

Y entre los modelos de vehículos se encuentran:

TABLA 20.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN PHEV

MARCA	MODELO
Mitsubishi	Outlander PHEV
BMW	I8
Toyota	Prius Plug – in
Mercedes Benz	Clase S 500 Plug – in Hybrid
Volkswagen	Golf GTE
Porsche	Panamera Hybrid

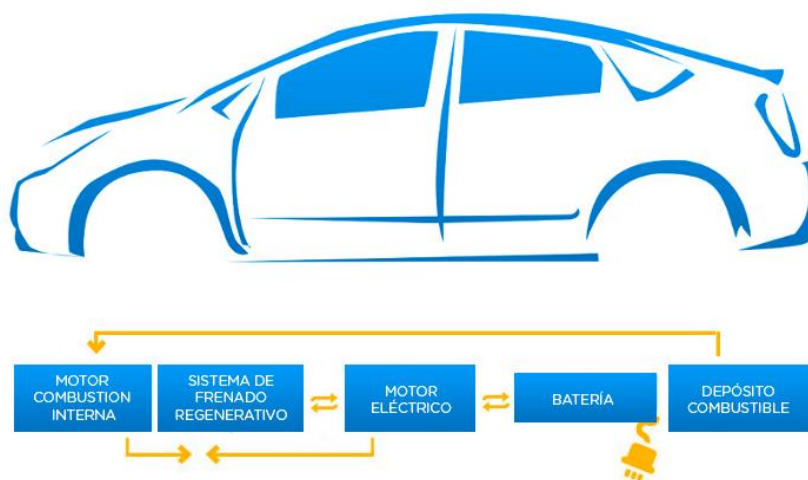


Fig. 48.PHEV representado de forma esquemática [60]

4.2.3 Vehículo eléctrico híbrido no enchufable.

De sus siglas en inglés HEV: hybrid electric vehicle.

Este tipo de vehículos ofrecen la particularidad de la imposibilidad de ser cargados a través de la red eléctrica: la única solución para su recarga es a través del sistema de frenado regenerativo. La mayor parte de la autonomía la proporciona el motor de combustión, ya que la capacidad de las baterías oscila entre 1 – 3 kWh; siendo inviable el realizar grandes desplazamientos empleando únicamente el motor eléctrico.

Por tanto, resumiendo las características más importantes:

TABLA 21.RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN HEV

PROPULSADO POR	Motor eléctrico Motor MCIA
FUENTE DE ENERGÍA	Batería eléctrica Combustible fósil
AUTONOMÍA ELÉCTRICA	< 30 km

Y entre los modelos de vehículos se encuentran:

TABLA 22.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN HEV

MARCA	MODELO
Kia	Niro
Hyundai	Ionic
Toyota	C – HR Hybrid Active
Honda	CR – V Hybrid
Lexus	CT 200h



Fig. 49.Elementos constructivos del Hyundai Ioniq [16]

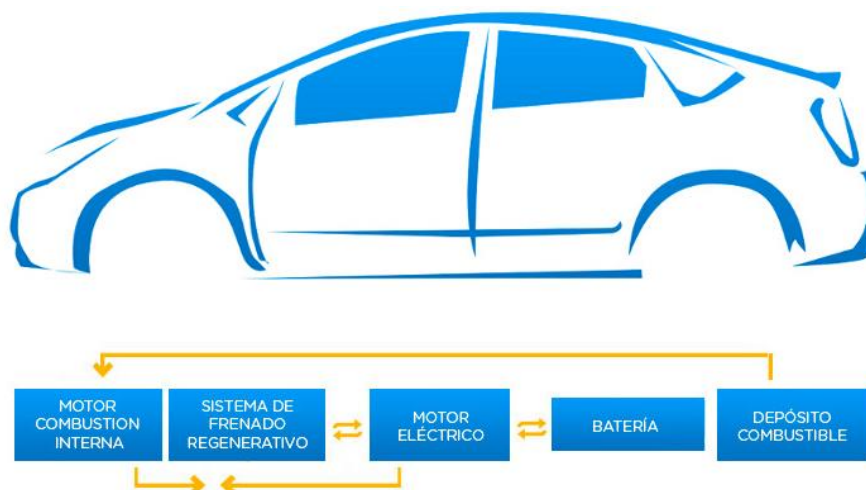


Fig. 50. HEV representado de forma esquemática [60]

4.2.4 Vehículo eléctrico de autonomía extendida.

De sus siglas en inglés EREV: extended range electric vehicle.

Al igual que en los vehículos eléctricos puros, este tipo de automóviles son impulsados únicamente por un motor eléctrico de corriente alterna, pero además cuentan con un pequeño motor de combustión interna. De esta manera, la batería eléctrica se puede recargar a través de la red o por el motor de combustión que llevan incorporado. El motor de combustión complementa al eléctrico en la medida que el primero se encarga de generar la energía mecánica necesaria para poner en funcionamiento el alternador, el cual se encarga de la recarga de las baterías.

Así pues, el motor térmico únicamente se encarga de generar la energía mecánica necesaria para recargar la batería y así extender al máximo la autonomía del vehículo.

Por tanto, resumiendo las características más importantes:

TABLA 23. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN EREV

PROPULSADO POR	Motor eléctrico
FUENTE DE ENERGÍA	Batería eléctrica Combustible fósil
AUTONOMÍA ELÉCTRICA	Hasta 200 km

Y entre los modelos de vehículos encontramos:

TABLA 24.MODELOS MÁS DESTACADOS CON CONFIGURACIÓN EREV

MARCA	MODELO
Opel	Ampera
BMW	I3 REx
Chevrolet	Volt
Fisker	Karma

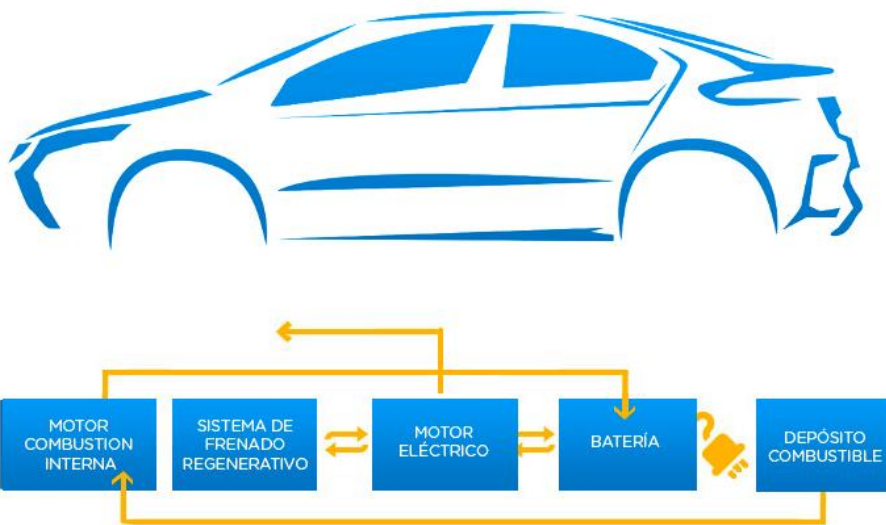


Fig. 51. EREV representado de forma esquemática [60]



Fig. 52.Chasis del Opel Ampera [55]

4.2.5 Comparativa de los diferentes tipos de vehículos eléctricos.

A modo de resumen, las principales características de todos los tipos de vehículos se pueden encontrar en la siguiente tabla:

TABLA 25. CARACTERÍSTICAS SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO [66]

TIPO DE VEHÍCULO	BEV	PHEV	HEV	EREV
MOTOR	Eléctrico	Eléctrico + combustión	Eléctrico + combustión	Eléctrico + combustión
TRACCIÓN	Motor eléctrico	Motor eléctrico + motor de combustión	Motor eléctrico + motor de combustión	Motor eléctrico
RECARGA	Red eléctrica Frenado regenerativo	Red eléctrica Frenado regenerativo	Frenado regenerativo	Red eléctrica Frenado regenerativo Motor de combustión
AUTONOMÍA	Baterías	Baterías + motor de combustión	Motor de combustión + pequeña capacidad de baterías	Baterías + motor de combustión que las recarga
EMISIONES DE CO₂	-	Motor de combustión	Motor de combustión	Motor de combustión

4.3 Comparativa de emisiones de un vehículo eléctrico versus su homólogo en gasolina.

Se procederá a ejecutar un análisis que estime la cantidad de emisiones de CO₂ que generan ambos tipos de vehículos.

Según datos proporcionados por REE, se ha producido el 45,8% del total de la energía de la Península con energía renovable según datos del primer semestre de 2018. Según la calculadora disponible en el siguiente link web <https://www.ceroco2.org/calculadoras/electrico>, para generar 1 kWh se producen 370 gramos

de CO₂ (teniendo en cuenta un mix de producción de electricidad español). Será tomado como ejemplo un vehículo de combustión y su homónimo eléctrico.

Los vehículos elegidos son los siguientes:

TABLA 26. CARACTERÍSTICAS DEL HYUNDAI KONA VERSIÓN ELÉCTRICA [65]

Marca	Modelo	Propulsión	Potencia (CV)	Capacidad de la batería (kWh)	Emisiones directas de CO ₂ (g/km)	Autonomía (km)
Hyundai	KONA	Motor eléctrico	204	64	-	449

TABLA 27. CARACTERÍSTICAS DEL HYUNDAI KONA VERSIÓN GASOLINA [64]

Marca	Modelo	Propulsión	Potencia (CV)	Capacidad de la batería (kWh)	Emisiones directas de CO ₂ (g/km)	Autonomía (km)
Hyundai	KONA	Motor de combustión	177	-	153	700

Emisiones indirectas de la versión eléctrica producidas por la generación de energía eléctrica:

$$64 \text{ kWh} \cdot 370 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} = 23680 \text{ g CO}_2$$

Por lo tanto, las emisiones de CO₂ contaminante a lo largo de toda la autonomía del automóvil (449 km) equivalen a 23,68 kg de CO₂.

De este modo el vehículo eléctrico, tras recorrer 100 km, emitirá de manera indirecta:

$$23,68 \text{ kg CO}_2 \cdot \frac{100 \text{ km}}{449 \text{ km}} = 5,27 \text{ kg CO}_2$$

Así pues, la versión de combustible fósil emitirá:

$$153 \frac{g CO_2}{km} \cdot 700 km = 107100 g CO_2$$

Por lo tanto, las emisiones de CO₂ contaminante a lo largo de toda la autonomía del automóvil (700 km) equivalen a 107,1 kg de CO₂.

De este modo el vehículo de combustión interna, tras recorrer 100 km, emitirá de manera directa:

$$107,1 kg CO_2 \cdot \frac{100 km}{700 km} = 15,3 kg CO_2$$

Comparando e interpretando ambos resultados, se aprecia la ventaja que supone para el medio ambiente la utilización de vehículos eléctricos.

TABLA 28.COMPARATIVA DE EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI KONA

TIPO DE VEHÍCULO	EMISIONES DE CO ₂ A LOS 100 km (kg CO ₂)	EMISIONES DE CO ₂ A LO LARGO DE TODA SU AUTONOMÍA (kg CO ₂)
Hyundai KONA eléctrico	5,27	23,68
Hyundai KONA motor de combustión	15,3	107,1

5 INTRODUCCIÓN A ITC – BT – 52 Y MODOS DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

5.1 Introducción.

A modo de introducción a la guía técnica de aplicación de la ITC – BT 52 se determina que:

Las dotaciones mínimas de la estructura para recargar los vehículos eléctricos incluyen edificios de nueva construcción y vías públicas. De esta forma:

1. En los edificios y estacionamientos que sean de nueva construcción se deberá incluir, de forma específica, una instalación eléctrica para recargar vehículos eléctricos, ejecutada y referida a la (ITC) BT 52, “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos”, incluyendo las dotaciones mínimas que se muestran a continuación:
 - a) En estacionamientos colectivos en edificios bajo régimen de propiedad horizontal, a través de tubos, canales, bandejas... se deberá proceder a la ejecución de una conducción principal que permita llevar la energía eléctrica hasta las estaciones de recarga ubicadas en las plazas de aparcamiento.
 - b) Para estacionamientos de flotas privadas de vehículos, cooperativas, etc. Se deberá disponer de las instalaciones necesarias para suministrar a una instalación de recarga por cada 40 plazas.
 - c) En estacionamientos públicos permanentes, se deberá disponer de las instalaciones necesarias para suministrar a una estación de recarga por cada 40 plazas.
2. De esta forma, en vía pública habrá de disponer de instalaciones necesarias y suficientes para que sean capaces de suministrar energía eléctrica a las plazas destinadas para recargar vehículos eléctricos según esté determinado en los Planes de Movilidad Sostenible municipales o supramunicipales.

A modo de resumen de lo anteriormente desarrollado:

La recarga de los vehículos eléctricos se podrá realizar en:

- Entornos privados

- En puntos de recarga en garajes de domicilios y lugares de trabajo
- Entornos públicos

5.2 Términos y definiciones.

Según los efectos de la ITC – BT 52, se entenderá por:

- **Gestor de cargas:** sociedades mercantiles que, siendo consumidores, están habilitados para la reventa de energía eléctrica para servicios de recarga energética. Estos gestores son los únicos sujetos con carácter de cliente mayorista en los términos previstos en la normativa comunitaria de aplicación. (Definición según el artículo 6 de la ley 24/2013 del Sector Eléctrico).
- **Circuito de recarga colectivo:** circuito interior de la instalación receptora previsto para alimentar dos o más estaciones de recarga de automóviles eléctricos, el cual parte de una centralización de contadores o de un cuadro de mando o protección.
- **Circuito de recarga individual:** circuito interior de la instalación receptora previsto para alimentar una estación de recarga de automóviles eléctricos, el cual parte de una centralización de contadores. También podría quedar definido como el circuito de una vivienda que parte del cuadro general de mando y protección y está previsto para alimentar una estación de recarga de automóviles eléctricos.
- **Contador eléctrico principal:** destinado a medir la energía que consumen una o varias estaciones de recarga. Deben cumplir con la reglamentación de metrología legal aplicable y con el reglamento unificado de los puntos de medida.
- **Contador secundario:** sistema de medida individual asociado a una estación de recarga eléctrica, que permite la repercusión de los costes y la gestión de los consumos. Deben cumplir la reglamentación de metrología legal aplicable, pero no estarán sujetos al reglamento unificado de puntos de medida porque no son puntos frontera del sistema eléctrico.

- **Estación de movilidad eléctrica**: infraestructura de recarga que cuenta con al menos dos estaciones de recarga que permitan la recarga simultánea de vehículos eléctricos hasta M1 y N1, según la Directiva 2007/46/CE. Deberá permitir la recarga en corriente alterna (monofásica o trifásica) o en corriente continua.
- **Estación de recarga**: elementos necesarios para conectar el automóvil eléctrico a la instalación eléctrica pertinente y fija necesaria para su recarga. Estas se clasifican como:
 - Punto de recarga simple. Está compuesto por las protecciones necesarias, una o varias bases de toma de corriente no específicas para el vehículo eléctrico y, en su caso, una envolvente.
 - Punto de recarga del tipo SAVE (Sistema de alimentación específico del vehículo eléctrico).
- **Función de control piloto**: medio electrónico o mecánico que asegure la satisfacción de las condiciones relacionadas con la seguridad y transmisión de datos según requiera el modo de carga utilizado.
- **Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IVEHÍCULO ELÉCTRICO)**: dispositivos lógicos y físicos que están destinados a la recarga de automóviles eléctricos que cumplen con los requisitos de seguridad y disponibilidad previstos para cada caso. Deberán tener la capacidad para prestar un servicio de recarga completo e integral. Incluye las estaciones de recarga, el sistema de control, las canalizaciones eléctricas, los cuadros de mando y protección y equipos de medida, cuando estos sean exclusivos para la recarga del vehículo eléctrico.
- **Punto de conexión**: punto en el que el vehículo eléctrico es conectado a la instalación pertinente para proceder a su recarga.
- **Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico (SAVE)**: son equipos que tienen el fin de suministrar energía eléctrica para la recarga de un

vehículo eléctrico, incluyéndose el cable de conexión, protecciones para la estación de recarga, base de toma de corriente o el conector. El sistema deberá permitir comunicación entre el automóvil y la instalación fija.

- **Sistema de protección de la línea general de alimentación (SPL)**: protección contra sobrecargas, que evita el fallo de suministro para el conjunto del edificio debido a la actuación de los fusibles de la caja general de protección, a través de una disminución momentánea de la potencia destinada a la recarga. La SPL puede presentarse como un producto único, un conjunto de productos y medidas o soluciones de hardware o software.

5.3 Reglamento unificado de puntos de medida (RD 1110/2007).

Este reglamento será aplicable solo a contadores principales. Por tanto, aplica a contadores en los puntos frontera: medida de los consumos y de los tránsitos de energía entre las diversas actividades eléctricas, es decir:

- Puntos de conexión con los clientes.
- Puntos frontera entre actividades de generación, transporte y distribución.
- En los límites entre redes de distribución de distinto titular.
- En las interconexiones internacionales.

5.4 Reglamentación principal aplicable a la metrología legal.

En este caso, cinco serán las reglamentaciones que se han de cumplir para la conexión de la instalación de un vehículo eléctrico:

- **Directiva 2014/32/EU (Anexo V)**. Para contadores de activa, De clases A, B y C. Para uso residencial, comercial o de industria ligera (fase I, comercialización y puesta en servicio).
- **RD 244/2016 (Anexo X)**. Mismos contadores, en fase I, comercialización y puesta en servicio.
- **ITC 3022/2007**. Contadores estáticos combinados: potencia activa, de clases A, B y C; y para potencia reactiva, de clases 2 y 3 hasta 15 kW, con discriminación horaria y telegestión (todas las fases del control metrológico). Serían los denominados *Smart Meters*.

- **ITC 3747/2006.** Mismos contadores (solo estáticos), pero en las fases II y III, verificación después de reparación o modificación y verificación periódica.
- **Normas UNE – EN 50470 – 1 y UNE – EN 50470 – 3.**

Desarrollando con mayor profundidad ciertos aspectos de la ITC 3022/2007, a modo de resumen, se encuentran los siguientes puntos importantes:

- La comunicación se desarrolla de manera bidireccional: contador – compañías eléctricas.
- Se realiza una lectura remota de energía activa, reactiva, máxima potencia demandada.
- Función ICP programable.
- Función de control remoto de potencia con corte y reconexión, para la gestión de cargas por parte de la compañía cuando exista normativa legal para ello.
- Discriminación horaria posible hasta de seis períodos.
- Curva de carga horaria para activa y reactiva, con capacidad de almacenar la información de tres meses.

Para que el cliente disponga de la información que le permita el ahorro energético, el contador facilitará los siguientes datos:

- Consumo eléctrico total y discriminado.
- Potencia máxima demandada.
- Período tarifario en curso.
- Potencia contratada.
- Fecha y hora.
- Información del control de cargas en su caso.

5.5 Modos de carga según ITC – BT – 52.

Los modos de recarga están directamente relacionados con el nivel de comunicación del vehículo eléctrico con la infraestructura para su recarga (por consiguiente, relacionado con la red eléctrica) y con la capacidad para controlar diferentes aspectos de esta, tales como: programación de encendido y apagado, observar el estado de carga, volcar energía de la batería en la red eléctrica, etc.

Los modos de recarga que empleados en España están definidos por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), cuya función es promover la cooperación

internacional sobre todas las cuestiones que son relativas a la normalización en los campos eléctrico y electrónico. La normativa internacional aplicada es la IEC 61851 "Sistema conductivo de carga para VE". Se encuentran cuatro modos de carga, siendo el que se encuentra en último lugar el que posee un protocolo de comunicación mayor para controlar el proceso de recarga.

5.5.1 Modo de carga 1.

El automóvil eléctrico está conectado a la red de alimentación de corriente alterna a través de tomas de corriente que están normalizadas, siendo la intensidad que circula por el circuito no superior a 16 A por fase, y la tensión asignada en el lado de alimentación no superior a 250 V de corriente alterna monofásica o 480 V de corriente alterna trifásica y siendo empleados conductores activos y de protección.

Es una carga lenta desde una base de enchufe doméstico, no industrial y sin comunicación entre vehículo y punto de carga, debido a que el propio vehículo cuenta con un sistema de control de carga. El cable que conecta al vehículo con la red dependerá del fabricante. Las protecciones eléctricas serán las que posea el cuadro eléctrico al que se conecte el enchufe de la pared, no disponiéndose de protección mediante interruptor diferencial en infraestructuras antiguas. Así pues, no es recomendable ni aconsejable para automóviles de gran tamaño, ya que el uso que estos harán de la red será intensivo, pudiendo provocar un calentamiento de los circuitos si los tiempos de carga se exceden. Se recomienda emplear este modo de carga por la noche, cuando la demanda de energía es menor; y emplearla para vehículos pequeños.

TABLA 29.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 1

Tipo de red	Tensión máxima (V)	Intensidad máxima (A)	Potencia máxima (kW)	Protecciones	Nivel de comunicación con la red	Tipo de vehículos
Monofásica	250	16	3,7	Protección diferencial y magnetotérmica en la instalación	Nulo	Coches de pequeño tamaño, ciclomotores
Trifásica	480	16	11	Protección diferencial y magnetotérmica en la instalación	Nulo	Coches de pequeño tamaño, ciclomotores

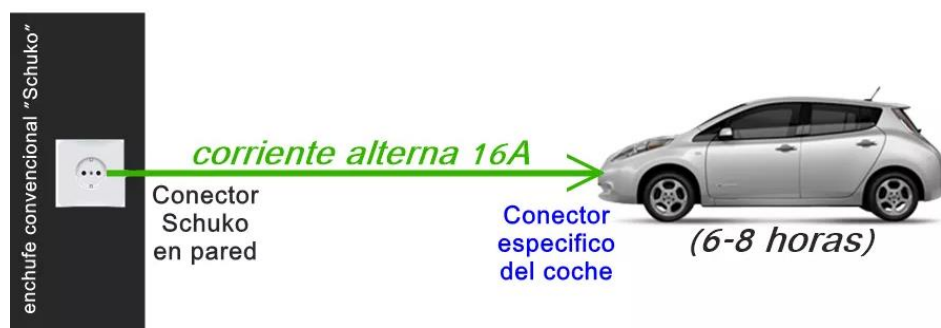


Fig. 53.Modos de carga 1 [62]

5.5.2 Modo de carga 2.

Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna sin exceder los 32 A por fase y 250 V en monofásica o 480 V en trifásica. Se deberán emplear tomas de corriente normalizadas monofásicas o trifásicas y conductores activos y de protección, acompañados de una función de control piloto y un sistema de

protección para los usuarios que los proteja frente al choque eléctrico (dispositivo de corriente diferencial), entre el automóvil y la clavija o como parte de la caja de control situada en el cable.

La recarga se realiza en un enchufe de pared, equipado con su correspondiente toma de tierra conectada. El cable especial de este tipo de modo de carga está equipado con un piloto de control entre el vehículo y la clavija que permite:

- Verificar si la conexión a la red se ha efectuado de manera correcta
- Elegir la velocidad de carga
- Activar o desactivar la carga del vehículo

Este modo de carga está especialmente indicado para usuarios que posean un vehículo con necesidades de recarga bajas.

TABLA 30.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 2

Tipo de red	Tensión máxima (V)	Intensidad máxima (A)	Potencia máxima (kW)	Protecciones	Nivel de comunicación con la red	Tipo de vehículos
Monofásica	250	32	3,7	Protección diferencial y magnetotérmica en la instalación	Bajo	Coches de pequeño tamaño
Trifásica	480	32	22	Protección diferencial y magnetotérmica en la instalación	Bajo	Coches de pequeño tamaño

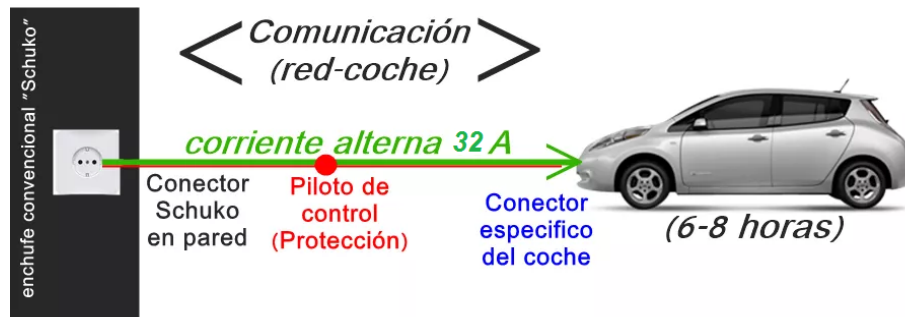


Fig. 54. Modo de carga 2 [62]

5.5.3 Modo de carga 3.

Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna, siendo la mínima intensidad de recarga igual a 32 A y siendo la máxima admisible igual a 63 A por fase; con tensiones no superiores a 250 V en monofásica o 480 V en trifásica.

La conexión del vehículo eléctrico se realiza de forma directa a la red de alimentación de corriente alterna a través de un sistema de recarga SAVE, donde la función de control piloto se amplía al sistema de control del SAVE, estando este permanentemente en conexión directa con la instalación de alimentación fija. Este sistema incluye funciones de:

- Señalización
- Control
- Protección

Este modo de carga se puede catalogar dentro de los más completos y permite que se puedan incorporar funcionalidades software en el SAVE. Así pues, cabe la posibilidad de monitorizar la carga y cortar el suministro eléctrico en el enchufe cuando no detecta un conector. Debido a la tecnología empleada, permite que se realice la denominada como recarga inteligente. De esta forma, con este modo de carga se consigue una gran celeridad en la recarga del vehículo eléctrico.

TABLA 31.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 3

Tipo de red	Tensión máxima (V)	Intensidad máxima (A)	Potencia máxima (kW)	Protecciones	Nivel de comunicación con la red	Tipo de vehículos
Monofásica	250	Según conector utilizado	Según conector utilizado	Se incluyen en la infraestructura de recarga especial	Elevado	Para todos los vehículos eléctricos
Trifásica	480	Según conector utilizado	Según conector utilizado	Se incluyen en la infraestructura de recarga especial	Elevado	Para todos los vehículos eléctricos

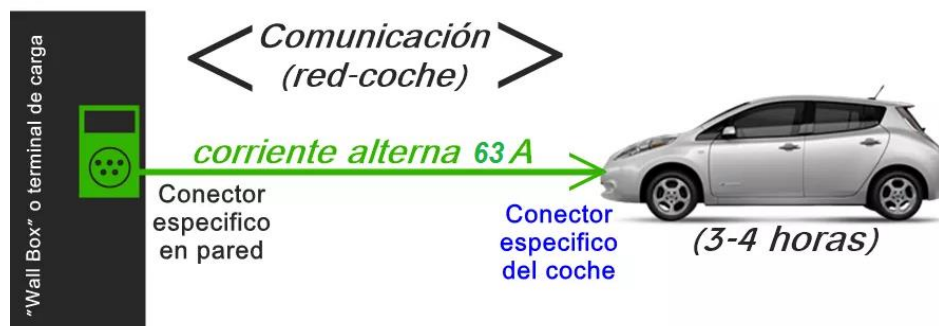


Fig. 55.Modos de carga 3 [62]

5.5.4 Modo de carga 4.

Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna, soportando una intensidad máxima de 400 A, con tensiones no superiores a 600V una vez realizada la conversión CA/CC.

La conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna se realiza de manera indirecta, empleando para ello un sistema SAVE que incorpora un cargador externo en el cual, la función de piloto se extiende al equipo conectado de forma permanente a la instalación de alimentación fija.

Mediante este cargador externo se realiza la conversión de CA a CC, evitándose así calentamientos en los circuitos y pérdidas de energía en forma de calor. Las funciones de control y de protección, así como el cable de recarga, se encuentran instalados en la parte de la infraestructura de manera permanente.

Por tanto, permite recargas rápidas, a alta potencia, en corriente continua; imposibilitando la recarga a vehículos que no estén preparados para soportar elevadas potencias. Este modo operativo se encuentra en las denominadas electrolineras. Además, necesita de la adecuación de la red eléctrica existente, por lo que los tipos de infraestructuras para el mismo, de momento, resultan muy costosas y a día de hoy no existen soluciones óptimas para su desarrollo.

La potencia eléctrica que el punto podría entregar alcanzaría el máximo teórico (según el desarrollo actual) en los 240 kW.

TABLA 32.RESUMEN DEL MODO DE CARGA 4

Tipo de red	Tensión máxima (V)	Intensidad máxima (A)	Potencia máxima (kW)	Protecciones	Nivel de comunicación con la red	Tipo de vehículos
Corriente Continua	Según instalación	Según conector utilizado	Según conector utilizado	Incluidas en la infraestructura	Elevado	Vehículos que admitan elevadas potencias de carga



Fig. 56. Modo de carga 4 [62]

5.6 Tipos de conexión entre el vehículo eléctrico y la estación de recarga.

Las conexiones entre las estaciones de recarga y los vehículos eléctricos según los casos A, B y C, descritos en las figuras 1, 2 y 3. Se ha de observar que las figuras 1, 2 y 3 no predisponen a la ejecución de un diseño previamente especificado.

- **Figura 1. Caso A. Conexión del vehículo eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado en una clavija con el cable solidario al vehículo eléctrico.**

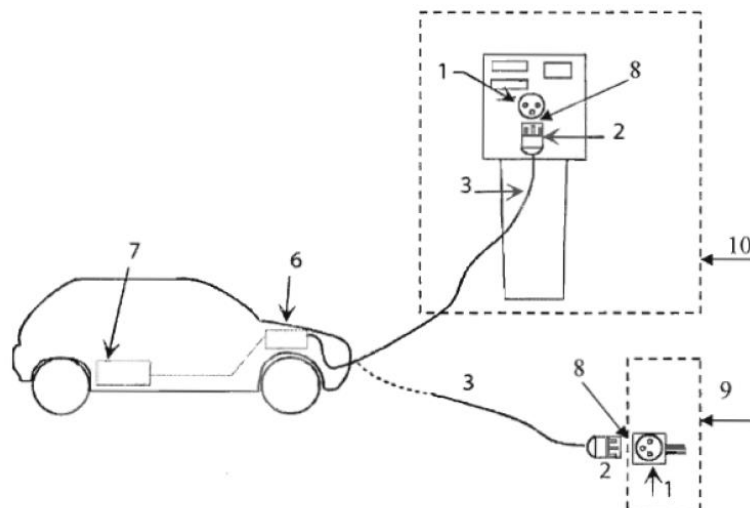


Fig. 57.Figura 1. Caso A [21]

TABLA 33.LEYENDA CASO A [21]

Leyenda	
1	Base de toma de corriente
2	Clavija
3	Cable de conexión
6	Cargador incorporado al vehículo eléctrico
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
9	Punto de recarga simple
10	SAVE

- **Variantes:**

- **Caso A1:** conexión a un punto de recarga simple mediante una toma de corriente para usos domésticos y análogos.
- **Caso A2:** conexión a un punto de recarga del tipo SAVE.
- **Figura 2. Caso B. Conexión del vehículo eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado por un extremo en una clavija y por el otro en un conector, donde el cable es un accesorio del propio vehículo.**

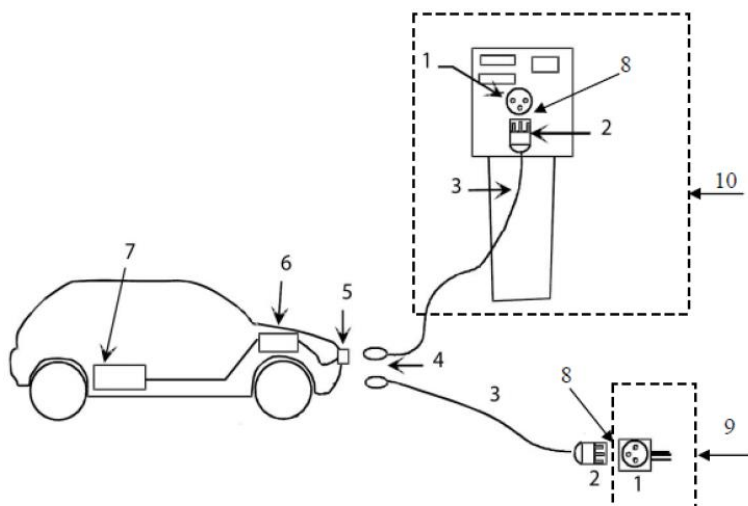


Fig. 58.Figura 2. Caso B [21]

TABLA 34.LEYENDA CASO B [21]

Leyenda	
1	Base de toma de corriente
2	Clavija
3	Cable de conexión
4	Conector
5	Entrada de alimentación al vehículo eléctrico
6	Cargador incorporado al vehículo eléctrico
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
9	Punto de recarga simple
10	SAVE

- **Variantes:**

- **Caso B1:** conexión a un punto de recarga simple mediante una toma de corriente para usos domésticos y análogos.
- **Caso B2:** conexión a un punto de recarga del tipo SAVE.

- **Figura 3. Caso C. Conexión del vehículo eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado en un conector: el cable forma parte de la instalación fija.**

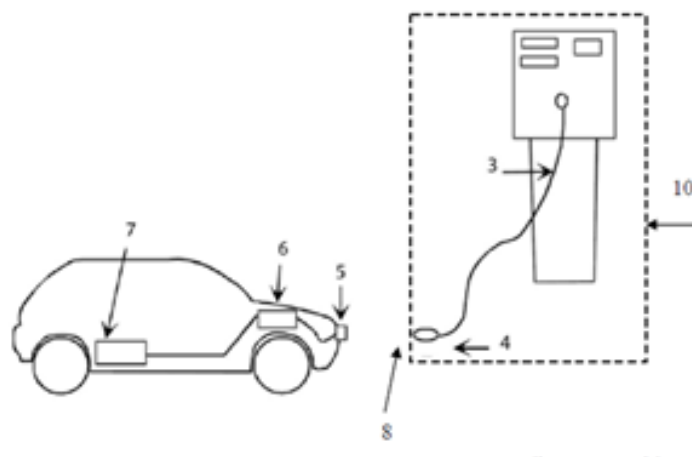


Fig. 59.Figura 3. Caso C [21]

TABLA 35.LEYENDA CASO C [21]

Leyenda	
3	Cable de conexión
4	Conector
5	Entrada de alimentación al vehículo eléctrico
6	Cargador incorporado al vehículo eléctrico
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
10	SAVE

- **Figura 4. Caso D. Conexión del vehículo eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado en un conector: el cable incorpora el cargador.**

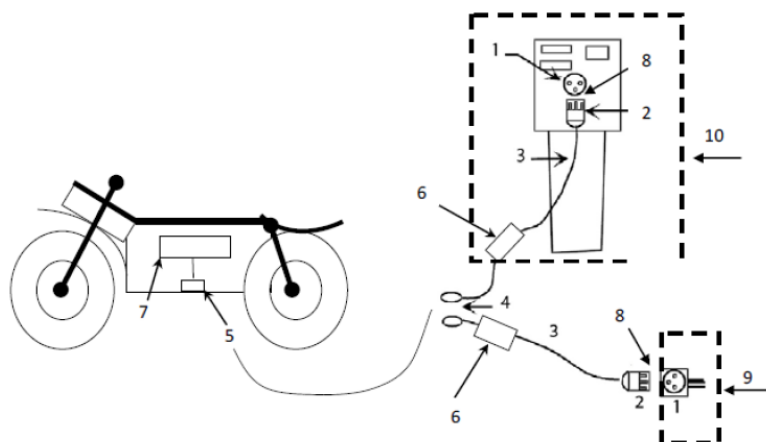


Fig. 60.Figura 4. Caso D [21]

TABLA 36.LEYENDA CASO D [21]

Leyenda	
1	Base de toma de corriente
2	Clavija
3	Cable de conexión
4	Conector
5	Entrada de alimentación al vehículo eléctrico
6	Cargador en cable de alimentación
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
9	Punto de recarga simple
10	SAVE

Entre los escenarios de carga más habituales donde se emplean los conexiones anteriores se encuentran:

- **Carga doméstica:**
 - Carga regular siempre en el mismo sitio: preferibles Modo 1 y 2

- Ser utiliza base doméstica (16A) durante ocho horas con cargador del vehículo eléctrico. No debe usarse en Modo 3 por falta de función de control piloto.
- **Carga ocasional:**
 - Se debe utilizar modo 2 para protección diferencial
- **Carga en lugares de acceso público:**
 - Son recomendables los modos 3 preferiblemente y 4.

5.7 Funciones obligatorias y opcionales de los modos 2,3 y 4.

La implementación de cualquiera de los tres modos de carga que encabeza el título de este apartado, lleva consigo una serie de funciones obligatorias y funciones opcionales.

Entre las **obligatorias** se encuentran:

- Función de control piloto.
- Verificación de que el vehículo eléctrico está adecuadamente conectado, impidiendo el movimiento de éste.
- Comprobación de que exista una permanente continuidad a tierra entre el vehículo eléctrico y el SAVE.
- La alimentación al vehículo eléctrico no debe realizarse hasta que la función de control dé el permiso correspondiente.
- El corte de alimentación debe realizarse inmediatamente a la interrupción de la señal de control. También se debe mantener la alimentación del circuito de control.
-

Entre las **opcionales** se encuentran:

- La selección del régimen de carga, evitando así sobrecargas en la alimentación y en el vehículo eléctrico o sus baterías.
- Verificación de los requisitos de ventilación durante la recarga, ya que si se requiere, se deberá disponer de una conexión con el extractor de gases o con el medidor de caudal).



- Detección y ajuste del tiempo de disponibilidad de la corriente máxima del SAVE.
- Cuando así proceda, se retirará a la retirada del conector mediante un sistema mecánico.
- Posibilidad de disponer un control bidireccional del flujo de potencia, pero solo en el modo 3.

6 PUNTOS DE CONEXIÓN, CLAVIJAS, BASES Y CONECTORES

6.1 Estándar de la comisión M/468.

Según la comisión M/468 de junio de 2010, se determina que los conectores de los puntos de recarga del vehículo eléctrico se encuentren normalizados. Este hecho ayuda a:

- Asegurar la interoperabilidad y conectividad entre la red de alimentación y el cargador del vehículo eléctrico. De esta forma, se favorecen el movimiento e impulso de este tipo de vehículos en la Unión Europea.
- Asegurar la interoperabilidad y conectividad entre cargadores y el vehículo eléctrico (genéricamente) para su recarga.
- Considerar los aspectos relacionados con la llamada recarga inteligente.
- Considerar los riesgos de seguridad (DBT) y de Compatibilidad Electromagnética (DEMC) y de los cargadores de los vehículos eléctricos.
- Exista un estándar para todas las categorías de vehículos eléctricos (L – M – N).

6.2 Tipos de conectores.

Existen tipos diferentes de conectores, tanto en la infraestructura de recarga como en el vehículo eléctrico, y depende del tipo de recarga que se requiera. Los más extendidos son el Mennekes y Yakazi para carga básica, y el CCS combo y CHAdeMO para carga rápida. Un punto de recarga puede disponer de distintos tipos de conectores y además puede incorporar, o no, manguera de conexión. Así pues, también existen adaptadores que permiten conectar un vehículo a puntos de recarga con distintos conectores.

6.2.1 Conector Schuko.

- Se trata de un enchufe convencional para alimentación monofásica en el lado de la pared.

- Se encuentra estandarizado por la norma CEE 7/4 y es llamado técnicamente tipo F.
- Consta de dos pines cilíndricos L1 (línea), N (neutro) y dos contactos tierra en los laterales.
- Compatible con el modo 1 y 2 de carga (realizándose carga monofásica en modo 2).
- Su uso mayoritario se encuentra en motocicletas y bicicletas eléctricas.
- Soporta 230 V y hasta 16 A.



Fig. 61. Conector Schuko [17]

6.2.2 Conector SAE J1772 (tipo 1).

- Conector tipo 1 según la norma IEC 62196 – 2.
- Desarrollado en EEUU por la Sociedad de Ingenieros de la Automoción y fabricado inicialmente en 2009 por Yazaki.
- Consta de cinco pines: L1, neutro (N), protección de tierra (PE) y dos de señalización (PP y CP).
- Es compatible con el modo 3 de recarga.
- Soporta hasta 230 V y 32 A.



Fig. 62. Conector SAE J1772 o tipo 1 [17]

6.2.3 Conector Mennekes (tipo 2).

- Conector tipo 2 según la norma IEC 62196 – 2.
- A través de la Asociación Europea de Constructores (ACEA), se tomó como estándar europeo.
- Consta de siete bornes: L1, L2 y L3, (N), (PE), (PP y CP)
- Es compatible con el modo 3 de recarga.
- Soporta hasta 230 V y 70 A para cargas en monofásica y 400 V y hasta 63 A en cargas trifásicas.



Fig. 63. Conector Mennekes o tipo 2 [17]

6.2.4 Conector CHAdeMo.

- Conector tipo 4 según la norma IEC 62196 – 2 y UL 2551.
- Ha sido desarrollado por una asociación de fabricantes formada por TEPCO, Nissan, Mitsubishi, Toyota y Subaru.

- Consta de diez bornes: dos de potencia, siete para comunicaciones y señalización, y uno libre.
- Es compatible con el modo 4 de recarga.
- Soporta hasta 500 V y 200 A para cargas en corriente continua.



Fig. 64. Conector CHAdeMO [17]

6.2.5 Conector SCAME.

- Conector tipo 3 según la norma IEC 62196 – 2.
- Nacido en 2010 gracias a la alianza llamada “EV Plug Alliance”, formada entre otros por el fabricante italiano Scame, el alemán Schneider Electric y el francés Legrand.
- Consta de siete pines: tres líneas de alterna (L1, L2, L3), neutro (N), protección de tierra (PE) y dos de señalización (PP y CP).
- Es compatible con el modo 3 de recarga.
- Uso con corriente trifásica y monofásica (versiones con cuatro, cinco y siete pines).
- Soporta hasta 400 V en corriente alterna y 32 A.



Fig. 65. Conector SCAME [17]

6.2.6 Conector CEEform.

- Son conocidos como IEC 60309, ya que son tomas de corriente para uso industrial y que también se emplean para recarga vehículos eléctricos.
- Debido a su uso con corrientes elevadas, este tipo de conector soporta altos requerimientos de seguridad
- Es compatible con el modo 3 de recarga.
- Soporta hasta 230 V en corriente alterna monofásica y 400 V en trifásica, pero soportando como máximo 16 A en ambos casos.



Fig. 66. Conector CEEform [17]

6.2.7 Conector CCS (Combined Charging System).

- Son conocidos como Combo2. Se trata de una propuesta desarrollada conjuntamente por norteamericanos y alemanes como solución global para la recarga en CC.
- Consta de cinco pines: dos de potencia, uno de protección de tierra (PE) y dos de señalización (PP y CP).
- Es compatible con el modo 4 de recarga.
- Soporta hasta 850 V y 200 A en corriente continua.
- Este sistema de carga combinado fue aprobado a finales de 2011 en Alemania.



Fig. 67. Conector CCS [17]

6.2.8 Comparativa de los diferentes tipos de conectores.

De esta forma, se procede a plasmar una tabla comparativa con los conectores mostrados, comparando potencias y en qué vehículos se encuentran disponibles.

TABLA 37. COMPARATIVA DE TENSIONES, INTENSIDADES Y POTENCIAS DE LOS DISTINTOS CONECTORES

CONECTOR	TENSIÓN MÁXIMA (V)		INTENSIDAD MÁXIMA (A)		POTENCIA MÁXIMA (kW)		VEHÍCULOS
Schuko	Monofásica	250	Monofásica	16	Monofásica	3,7	Motocicletas y bicicletas eléctricas
	Trifásica	-	Trifásica	-	Trifásica	-	
SAE J1772	Monofásica	250	Monofásica	80	Monofásica	19,2	Nissan Leaf, Tesla Roadster,
	Trifásica	-	Trifásica	-	Trifásica	-	
Mennekes	Monofásica	250	Monofásica	16	Monofásica	3,7	Renault ZOE, Tesla Model S
	Trifásica	500	Trifásica	63	Trifásica	43,5	
CHAdEMO	CC	500	CC	200	CC	62,5	Nissan Leaf, Mercedes Clase B EV, Mitsubishi i-MiEV
SCAME	Monofásica	250	Monofásica	32	Monofásica	8	Microcoches eléctricos
	Trifásica	400	Trifásica	32	Trifásica	22	
CCEform	Monofásica	250	Monofásica	16	Monofásica	3,7	Uso mayoritario industrial
	Trifásica	400	Trifásica	16	Trifásica	11	
CCS	CC	850	CC	200	CC	90	BMW i3, VW e-Up! y VW e-Golf

6.3 Recarga inductiva.

Actualmente se investiga arduamente en la posibilidad de estandarizar un sistema de **recarga inductivo**, lo cual permitiría recargar el vehículo eléctrico sin necesidad de cables. Se trata de una recarga inalámbrica que transfiere la electricidad mediante ondas electromagnéticas, desde una bobina inductora situada en el pavimento, hasta la bobina secundaria que ejerce de receptor y que va instalada en el interior del propio vehículo.

Uno de los principales inconvenientes de este sistema es la poca eficiencia de transmisión energética, ya que gran parte de la energía destinada al proceso de recarga de la batería del vehículo eléctrico se pierde, por lo que las distancias han de ser excesivamente cortas; por tanto, el asfalto bajo el cual se encuentren las bobinas inductoras de energía eléctrica debe disponer del adecuado asilamiento. El material que se desarrolla para este tipo de instalaciones se denomina hormigón magnético.

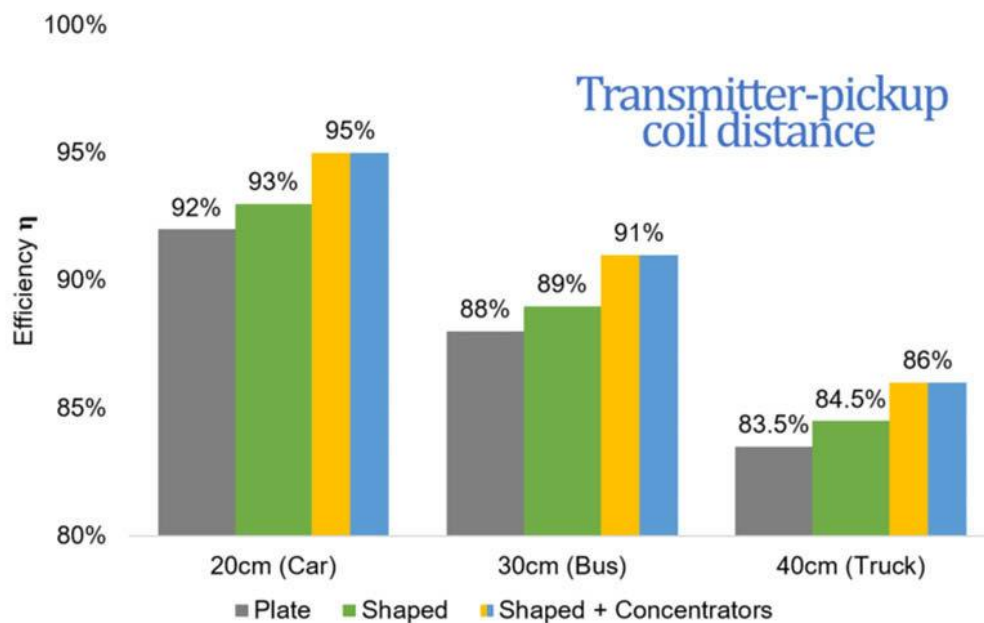


Fig. 68. Rendimiento de sistemas de recarga inalámbricos [44]

Tal y como se puede apreciar en la anterior imagen, las distancias que permiten un alto rendimiento para recargar el vehículo eléctrico son excesivamente minúsculas.

Es por esta última razón, además de por el gran coste que supone construir una instalación de semejantes características, que a día de hoy, resulta inviable el disponer de este tipo de infraestructura en los entornos urbanos.

6.4 Normativa de producto.

En la norma EN/IEC 61851 se hace referencia al **sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos**. Está formada por diversos puntos o partes, dentro de los cuales destacan:

- Parte 1: Reglas generales (Norma EN – Ed 2 {2010} + IEC – Ed 3 proyecto EN)
- Parte 2: Requisitos del vehículo eléctrico para conexión conductora a red en CA y CC (Ed 1 {2001})
 - Parte 21 – 1: Electric vehicle ON board charger: EMC requirements for conductive connection to AC/DC supply (actualmente se encuentra en fase de proyecto).
 - Parte 21 – 2: EMC requirements for OFF board electric vehicle charging systems (actualmente se encuentra en fase de proyecto).
- Parte 22: Estación de carga en CA para vehículos eléctricos (Ed 1 {2001}).
- Parte 23: Estación de carga en CC para vehículos eléctricos (Ed 1 {2014}).
- Parte 24: Comunicación digital entre la estación de carga en CC y el vehículo eléctrico para el control de la carga en CC (Ed 1{2014}).

El sistema inalámbrico de carga para vehículos eléctricos queda reflejado en la EN/IEC 61980 como electric vehicle wireless power transfer (WTP) systems. Está formada por diversos puntos o partes, dentro de los cuales destacan:

- Parte 1: General requirements (Ed 1 {2015}).
- Parte 2: Specific requirements for communication between electric road vehicle (EV) and infrastructure with respect to wireless power transfer (WPT) systems (actualmente se encuentra en fase de proyecto).
- Parte 3: Specific requirements for the magnetic field power transfer systems (actualmente se encuentra en fase de proyecto).

Las bases, clavijas, conectores y entradas de vehículo eléctrico cuentan con una serie de puntos o partes en la norma EN/IEC 62196, entre los cuales se destaca:



- Parte 1: Requisitos generales (Ed 3 {2014}).
- Parte 2: Reglas de intercambiabilidad dimensional para los accesorios de vehículo de espigas y alvéolos en CA (Ed 2{2016}).
- Parte 3: Reglas de intercambiabilidad dimensional para los adaptadores a vehículo eléctrico de espigas y alvéolos en CC y en CA/CC (Ed 1 {2014}).

7 TIPOS DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En la actualidad se disponen de cuatro tipos de recarga (distínganse de los cuatros modos de recarga). Esta clasificación se realiza en función de la potencia, teniendo en cuenta que, a mayores potencias, menores tiempos de recarga y mayores costes en la infraestructura destinada a tal efecto.

Dependiendo de la filosofía de las empresas destinadas a tal cometido, se pueden encontrar distintos desgloses de tipos de recarga. De esta forma, el estándar más asentado es el que utiliza REE, quedando divididos en: básica o lenta, semi – rápida o media, rápida y ultrarrápida.

Dependiendo de qué tipo de recarga se escoja, el coste de la instalación puede aumentar o disminuir drásticamente. Así pues, se procede a exponer las características de cada tipo de recarga.

7.1 Recarga básica o lenta.

Este tipo de recarga está pensada para uso doméstico, donde el vehículo puede realizar su recarga durante toda la noche, Así pues, es soportada por todos los vehículos del mercado. Consiste únicamente en la conexión del vehículo eléctrico a cualquier enchufe doméstico (del tipo Schuko), a través de un cable con toma de tierra para protección. La longitud máxima que se recomienda es de cinco metros, para evitar las posibles pérdidas por disipación de energía en forma de calor.

7.2 Recarga semi – rápida o media.

Este tipo de recarga es ideal para entornos públicos, semipúblicos y privados, por ello necesita disponer de unos medios especiales que dependerán del consumo. Para poder recargar al vehículo eléctrico con este tipo de recarga, se recomiendan emplear conectores del tipo SAE J1772.

7.3 Recarga rápida.

Se denomina recarga rápida a aquella que se realiza fuera de la vivienda y permite realizar la recarga de la batería al 70% en menos de media hora. También es necesario disponer de equipos especiales, ya que la energía que recibe el vehículo se suministra en forma de corriente continua (aunque existe la posibilidad de que la recarga sea en corriente alterna trifásica). Por tanto, los requerimientos de la instalación deberán ser mayores que para los anteriores tipos de recarga, ya que las exigencias eléctricas son elevadas.

Uno de los conectores más empleados para tal recarga es el japonés CHAdeMO.



Fig. 69. Estaciones de recarga rápida [36]

7.4 Recarga ultrarrápida.

Al igual que en la recarga rápida, en la recarga ultrarrápida se necesita disponer de unos requerimientos complejos en la instalación, así como de convertidores basados en electrónica de potencia, ya que la recarga se realiza en corriente continua. Además, muchos vehículos que existen en el mercado no disponen de la tecnología para poder recargarse de esta manera, debido principalmente al coste de la implementar en el vehículo tal tecnología.



Fig. 70. Estaciones de recarga ultrarrápida [58]

7.5 Cálculo del tiempo de recarga en función del tipo de recarga.

Una vez se han desarrollado las principales características de estos tipos de recarga, se procede a ejecutar un análisis comparativo de potencia entregada, tiempo de recarga para la necesidad de movilidad media diaria, tiempo de recarga del 80% de la batería y coste aproximado del sistema de recarga.

Para ello, se han tomado datos proporcionados por REE, donde se indica que la necesidad de movilidad eléctrica en España es de 40 km al día, lo que supone 6 kWh de energía al día.

El vehículo eléctrico elegido para tal efecto es el Nissan Leaf 2018, cuya batería puede almacenar hasta 40 kWh de energía.

Para simplificar los cálculos, se supone un rendimiento de los convertidores de CA/CC del 100% y que no existen pérdidas en energía calorífica a través de los conductores.

Así pues, atendiendo a las anteriores hipótesis:

7.5.1 En caso de recarga básica o lenta.

Se supone una tensión máxima de 250 V y de 16 A, pudiendo la instalación suministrar como máximo 4000 W (4 kW), así como un factor de carga igual a cero, ya que se pretende cargar la batería al 100% de su capacidad.

Por tanto, según la siguiente expresión:

$$Tiempo\ recarga\ lenta\ (horas) = \frac{C(kWh) \cdot PC(p.u)}{P(kW)} \quad (5)$$

Donde:

- C : Capacidad de la batería en kWh.
- PC : Porcentaje de carga en p.u.
- P : Potencia que suministra la instalación en kW.

Se obtiene que:

$$Tiempo\ recarga\ lenta\ (horas) = \frac{40(kWh) \cdot 1}{4(kW)} = 10$$

El tiempo hallado indica cuánto tiempo sería necesario para recargar la batería al 100% de su capacidad. Ahora, se analizarán los siguientes puntos:

- Para una movilidad media diaria:

$$PC = \frac{6\ kWh}{40\ kWh} = 0,15\ p.u$$

$$Tiempo\ recarga\ lenta\ (horas) = \frac{40 \cdot 0,15}{4} = 1,5$$

- Para recargar el 80% de la batería:

$$Tiempo\ recarga\ lenta\ (horas) = \frac{40 \cdot 0,8}{4} = 8$$

7.5.2 En caso de recarga semi – rápida o media.

Se supone una corriente máxima de 100A, pudiendo la instalación suministrar como máximo 22000 W (22 kW), así como un factor de carga igual a cero, ya que se pretende cargar la batería al 100% de su capacidad.

Por tanto:

$$Tiempo\ recarga\ media\ (horas) = \frac{C(kWh) \cdot PC(p.u)}{P(kW)} \quad (6)$$

$$Tiempo\ recarga\ media\ (horas) = \frac{40 \cdot 1}{22} = 1,82$$

El tiempo hallado indica cuánto tiempo sería necesario para recargar la batería al 100% de su capacidad. Ahora, se analizarán los siguientes puntos:

- Para una movilidad media diaria:

$$PC = \frac{6\ kWh}{40\ kWh} = 0,15\ p.u$$

$$Tiempo\ recarga\ media\ (horas) = \frac{40 \cdot 0,15}{22} = 0,27$$

- Para recargar el 80% de la batería:

$$Tiempo\ recarga\ media\ (horas) = \frac{40 \cdot 0,8}{22} = 1,45$$

7.5.3 En caso de recarga rápida.

Se supone una corriente máxima de 227A, pudiendo la instalación suministrar como máximo 50000 W (50 kW), así como un factor de carga igual a cero, ya que se pretende cargar la batería al 100% de su capacidad.

Por tanto:

$$\text{Tiempo recarga rápida (horas)} = \frac{C(kWh) \cdot PC(p.u)}{P(kW)} \quad (7)$$

$$\text{Tiempo recarga rápida (horas)} = \frac{40 \cdot 1}{50} = 0,8$$

El tiempo hallado indica cuánto tiempo sería necesario para recargar la batería al 100% de su capacidad. Ahora, se analizarán los siguientes puntos:

- Para una movilidad media diaria:

$$PC = \frac{6 kWh}{40 kWh} = 0,15 p.u$$

$$\text{Tiempo recarga rápida (horas)} = \frac{40 \cdot 0,15}{50} = 0,12$$

- Para recargar el 80% de la batería:

$$\text{Tiempo recarga rápida (horas)} = \frac{40 \cdot 0,8}{50} = 0,64$$

Aunque la batería del Nissan Leaf 2018 no soporta la recarga ultrarrápida, se supondrá que en este supuesto ideal sí la soporta.

7.5.4 En caso de recarga ultrarrápida.

Se supone una corriente máxima de 227A, con una tensión continua de 800 V, pudiendo la instalación suministrar como máximo 150 kW, así como un factor de carga igual a cero, ya que se pretende cargar la batería al 100% de su capacidad.

Por tanto:

$$\text{Tiempo recarga ultrarrápida (horas)} = \frac{C(kWh) \cdot PC(p.u)}{P(kW)} \quad (8)$$

$$\text{Tiempo recarga ultrarrápida (horas)} = \frac{40 \cdot 1}{150} = 0,27$$

El tiempo hallado indica cuánto tiempo sería necesario para recargar la batería al 100% de su capacidad. Ahora, se analizarán los siguientes puntos:

- Para una movilidad media diaria:

$$PC = \frac{6 kWh}{40 kWh} = 0,15 p.u$$

$$\text{Tiempo recarga ultrarrápida (horas)} = \frac{40 \cdot 0,15}{150} = 0,04$$

- Para recargar el 80% de la batería:

$$\text{Tiempo recarga ultrarrápida (horas)} = \frac{40 \cdot 0,8}{150} = 0,21$$

7.6 Comparativa entre los diferentes tipos de recarga.

Una vez calculados los anteriores puntos, se procede a comparar los resultados obtenidos en una tabla comparativa:

TABLA 38.COMPARATIVA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RECARGA

Tipo de recarga	Intensidad (A)	Potencia (kW)	Tiempo recarga completa (horas/minutos)	Tiempo recarga movilidad media (horas/minutos)	Tiempo recarga 80% (horas/minutos)	Coste (€)
Lenta	10 – 16	4	10 / 600	1,5 / 90	8 / 480	500 - 1500
Media	32 – 100	22	1,82 / 109	0,27 / 16	1,45 / 87	>2500
Rápida	227	50	0,8 / 48	0,12 / 7	0,64 / 38	20000 - 30000
Ultrarrápida	227	150	0,27 / 16	0,04 / 2	0,21 / 13	>100000

TABLA 39.FORMA DE ONDA DE CORRIENTE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RECARGA

Tipo de recarga	Onda de corriente
Lenta	Monofásica
Media	Trifásica
Rápida	Trifásica / CC
Ultrarrápida	CC

8 DESCLASIFICACIÓN DE GARAJES Y APARCAMIENTOS SEGÚN ITC – BT – 29

A la hora de diseñar una instalación para la recarga del vehículo eléctrico se ha de determinar el emplazamiento, ya que es muy probable que lleve implícito riesgo de incendio y explosión. Todo ello viene desarrollado en la ITC – BT- 29.

8.1 Emplazamientos de clase I.

La zona 1 es un emplazamiento con formación ocasional de atmósfera explosiva constituida por mezcla de aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla. Serían, pues, garajes o talleres de reparación de vehículos incluyendo los de uso privado para más de cinco vehículos.

Los datos relevantes de las sustancias de la clase I se enumeran en la norma UNE – EN 60079 – 10 – 1, y entre estos datos se requiere conocer:

- Estado físico de la sustancia.
- Si el sistema de contención es abierto o cerrado.
- Punto de inflamación y de ebullición.
- Densidad relativa del gas o vapor.
- Temperatura de ignición.
- Límites de explosión, inferior y superior.
- Presión de vapor.
- Subgrupo (IIA, IIB o IIC).
- Ventilación: tipo, grado y disponibilidad.

Dentro de los emplazamientos de clase I, se debe atender especialmente a los garajes. Para ello se indican a continuación las características más importantes de éstos:

Vehículos de gasóleo

- El parque de vehículos de gasóleo, actualmente, es de alrededor del 54%; y el punto de inflamación de este combustible está por encima de los 55°C.

- Si la temperatura del combustible almacenado en los depósitos de los vehículos de gasóleo existentes en un garaje no alcanza este valor en condiciones normales, no se alcanza el LIE (límite inferior de explosividad) del gasóleo y no es necesario clasificar las zonas teniendo en cuenta este combustible.

Vehículos de gasolina

- El parque de vehículos de gasóleo, actualmente, es de alrededor del 45%; y el punto de inflamación de este combustible está por debajo de los 20°C.
- En condiciones ambientales normales, se supera la temperatura de su punto de inflamación y por tanto en el entorno próximo a la fuente de emisión se alcanza la concentración del LIE de la gasolina. A efectos de la clasificación de zonas, se deberá tomar en cuenta este combustible.

Vehículos de GLP

- El parque de vehículos de gasóleo, actualmente, es de alrededor del 1%; y el punto de inflamación de este combustible está por debajo de los 0°C.
- En condiciones ambientales normales, se supera la temperatura de su punto de inflamación y por tanto en el entorno próximo a la fuente de emisión se alcanza la concentración del LIE del GLP y GN. A efectos de la clasificación de zonas, se deberá tomar en cuenta este combustible.

Vehículos de carretera

- Para las baterías de los vehículos de carretera no son necesarios requisitos especiales de clasificación de áreas para los vehículos eléctricos cuyas baterías sean de Li – ion o de Ni – Mh.

8.2 Garajes cerrados. Condiciones para la recarga.

Cuando la instalación de recarga se encuentre en el interior de un garaje cerrado, serán necesarias una serie de condiciones para poder proceder a su recarga. El incumplimiento de alguna de las siguientes condiciones supondrá un peligro tanto para la propia instalación como para los usuarios de esta. En este caso, cuatro son las condiciones, que se enumeran a continuación:

- 1) Las baterías se recargan siempre sin desprendimiento de gases.
- 2) Los garajes no están clasificados como locales con riesgo de incendio o explosión según la ITC – BT – 29.
- 3) Se colocará un cartel reflectante en el punto de recarga que identifique que no está permitida la recarga de baterías con desprendimiento de gases.
- 4) Los circuitos de recarga colectivos discurrirán preferentemente por zonas comunes.

Método para desclasificar garajes. Número de renovaciones de caudal de aire por vehículo.

Para poder implementar en el cálculo de instalaciones de recarga de vehículo eléctrico el método para desclasificar garajes que propone la ITC – BT – 29, se han de seguir cinco pasos.

- 1) Primeramente, se ha de determinar la tasa de escape existente, denominada como G_{max} .

- Gasóleo: No se considera en estos efectos

- Gasolina:

- Para vehículos posteriores a 1992, se toma: $G_{max > 1992} = 2g/día$
- Para vehículos de 1992 o anteriores, se toma:
 $G_{max > 1992} = 20g/día$
- Para vehículos GLP, se toma: $G_{max GLP} = 8,75g/día$
- Para vehículos de gas natural, se toma: $G_{max GN} = 129g/día$

- 2) A continuación, se selecciona el volumen ocupado por cada vehículo, $V_{vehículo}$.
- 3) Estimación de un radio para el volumen de zona peligrosa (semiesférico) alrededor de la fuente de escape que pueda considerarse de extensión despreciable (R).
- 4) Se seleccionan los parámetros f y k más adecuados. Donde f expresa la eficacia de la ventilación en la dilución de la atmósfera explosiva con valores que van de $f = 1$ (situación ideal) a $f = 5$ (circulación de aire con dificultades debido a los obstáculos) y k es un factor de seguridad impuesto al LIE, siendo $k = 0,25$ o $k = 0,5$.
- 5) Se obtiene el caudal de aire fresco ($Q_{min,total}$), número de renovaciones necesarias de aire (C) y ventilación mínima por vehículo ($Q_{min,vehículo}$), según las ecuaciones:

$$Q_{min,total} = \frac{G_{max}}{k \cdot LIE} \quad (9)$$

$$C = \frac{f \cdot Q_{min,total}}{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3\right)} \quad (10)$$

$$Q_{min,vehículo} = C \cdot V_{vehículo} \quad (11)$$

8.2.1 Cálculo mediante un ejemplo generalizado.

Para el cálculo de este ejemplo generalizado que emula un caso real en una instalación, se ha tomado un LIE para el vehículo de gasolina de 1,6% en volumen. Se procederá según el mismo orden que se ha mostrado en el apartado anterior.

1) Determinación de la tasa de escape existente

- Turismos de gasolina existentes en la actualidad = 45% del parque.
- Turismos de gasolina posteriores a 1992 = 75%.
- Turismos de gasolina anteriores a 1992 = 25%.

Tasa de escape promedio función de las características actuales del parque automovilístico:

- $G_{max} = 0,45 \cdot [(0,75 \cdot G_{max>1992}) + (0,25 \cdot G_{max<1992})] = 3,39 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s}$
- $G_{max GLP} = 0,005 \cdot G_{max} = 5,06 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s}$
- $G_{max GN} = 0,005 \cdot G_{max} = 74,7 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s}$

2) Selección de los parámetros f y k . Se escogen los m

- $f = 5$, $k = 0,25$ para el caso de vehículos gasolina
- $k = 0,5$ para escape secundario para GLP o GNC

- 3) Selección de un radio para el volumen de la extensión de zona despreciable. La variable R podrá tomar valores desde 50 cm hasta 10 cm.
- 4) Selección del volumen ocupado por el vehículo, considerando la propia plaza de aparcamiento e incluyendo el ratio de superficie de zonas de paso, circulación y rampas correspondientes a la plaza. Se escoge $V_{vehículo} = 90 \text{ m}^3$.
- 5) Se obtienen el caudal de aire fresco, número de renovaciones de aire necesarias y ventilación mínima por vehículo, tal y como se muestra las tablas siguientes:

TABLA 40.CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN MÍNIMA PARA VEHÍCULOS GASOLINA [27]

Radio de zona (R) m	Volumen de zona m^3	Caudal de ventilación total ($Q_{min,total}$) m^3/s	Renovaciones (C) h^{-1}	Caudal de ventilación por vehículo m^3/s
0,50	$262 \cdot 10^{-3}$	$221 \cdot 10^{-8}$	0,15	0,0038
0,20	$16,8 \cdot 10^{-3}$	$221 \cdot 10^{-8}$	2,37	0,0593
0,10	$2,10 \cdot 10^{-3}$	$221 \cdot 10^{-8}$	18,98	0,4744

TABLA 41. CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN
MÍNIMA PARA VEHÍCULOS GLP [27]

Radio de zona (R) m	Volumen de zona m^3	Caudal de ventilación total ($Q_{min,total}$) m^3/s	Renovaciones (C) h^{-1}	Caudal de ventilación por vehículo m^3/s
0,50	$262 \cdot 10^{-3}$	$2,63 \cdot 10^{-8}$	0,002	<0,0001
0,20	$16,8 \cdot 10^{-3}$	$2,63 \cdot 10^{-8}$	0,028	0,0007
0,10	$2,10 \cdot 10^{-3}$	$2,63 \cdot 10^{-8}$	0,226	0,0056

TABLA 42. CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN
MÍNIMA PARA VEHÍCULOS GNC [27]

Radio de zona (R) m	Volumen de zona m^3	Caudal de ventilación total ($Q_{min,total}$) m^3/s	Renovaciones (C) h^{-1}	Caudal de ventilación por vehículo m^3/s
0,50	$262 \cdot 10^{-3}$	$44,7 \cdot 10^{-8}$	0,031	0,0008
0,20	$16,8 \cdot 10^{-3}$	$44,7 \cdot 10^{-8}$	0,480	0,0126
0,10	$2,10 \cdot 10^{-3}$	$44,7 \cdot 10^{-8}$	3,844	0,0961

- 6) Se obtienen el caudal de aire fresco, número de renovaciones de aire necesarias y ventilación mínima por vehículo para el conjunto de vehículos, tal y como se muestra la tabla siguiente:

TABLA 43. CAUDAL DE AIRE FRESCO, NÚMERO DE RENOVACIONES Y VENTILACIÓN MÍNIMA PARA EL CONJUNTO DE VEHÍCULOS [27]

Radio de zona (R) m	Volumen de zona m^3	Caudal de ventilación total ($Q_{min,total}$) m^3/s	Renovaciones (C) h^{-1}	Caudal de ventilación por vehículo m^3/s
0,50	$262 \cdot 10^{-3}$	$268 \cdot 10^{-8}$	0,184	0,005
0,20	$16,8 \cdot 10^{-3}$	$268 \cdot 10^{-8}$	2,881	0,072
0,10	$2,10 \cdot 10^{-3}$	$268 \cdot 10^{-8}$	23,047	0,576

8.3 Prescripciones generales en los garajes desclasificados.

8.3.1 Riesgos mecánicos.

Para prevenir riesgos mecánicos, la instalación debe estar protegida por:

- Las características mecánicas de las canalizaciones.
- El emplazamiento elegido. Altura de la instalación mínima de 2,5 m o una distancia de separación lateral de 1,25 m, a ser posible nunca por debajo de 1 m del suelo.
- La disposición de una protección mecánica complementaria, local o general.
- Las instalaciones generales que transcurran por garajes cumplirán los mismos requisitos.

8.3.2 Garajes como locales de pública concurrencia.

Los garajes de pública concurrencia, además de lo indicado con anterioridad, deberán cumplir con la ITC – BT – 28 y el CTE.

Los garajes que se consideran de pública concurrencia son los siguientes:

- Los garajes considerados de uso público.
- Los garajes que forman parte de un edificio considerado como Local de Pública Concurrencia (LPC).



- Aquellos garajes que estén vinculados a una actividad sujeta a horarios y con una superficie mayor de 1500 m².
- Los garajes mayores de 4000 m².
- Los estacionamientos de uso público, cerrados y cubiertos para más de cinco vehículos para cualquier ocupación.

9 PREVISIÓN DE CARGAS. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE VIVIENDAS

El dimensionamiento de las instalaciones para la recarga del vehículo eléctrico debe estar aseguradas para un uso prologando en el tiempo. De esta forma, se ha de determinar la capacidad de suministro de las líneas de distribución eléctrica.

Para esta previsión de cargas se hará uso de la ITC MIE – BT 10 del año 2002, si bien es cierto que todas las instalaciones anteriores están dimensionadas según el RBT 010 del año 1973. A continuación, se muestra una tabla comparativa con el grado de electrificación de las viviendas para ambos años.

TABLA 44.GRADO DE ELECTRIFICACIÓN PARA EL AÑO 1973 [53]

RBT 010 DEL AÑO 1973. TENSIÓN NOMINAL: 220 V	
MÍNIMA	3000 W min
MEDIA	5000 W min
ELEVADA	8000 W min

TABLA 45.GRADO DE ELECTRIFICACIÓN PARA EL AÑO 2002 [53]

ITC MIE – BT 10 DEL AÑO 2002. TENSIÓN NOMINAL: 230 V	
BÁSICA	5750 W min
ELEVADA	9200 W min

Tal y como se puede apreciar, el cambio más notable se ha producido en la reducción de un tipo de grado de electrificación, pasando así a tener solo dos grados en el año 2002 frente a los tres grados del año 1973.

Para conocer el grado de electrificación de una vivienda, se han de tener en cuenta los factores que se mostrarán a continuación. La vivienda se considerará de electrificación elevada cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- Superficie útil de vivienda superior a 160 m².
- Si está prevista la instalación de aire acondicionado.
- Si está prevista la instalación de calefacción eléctrica.

- Si está prevista la instalación de sistemas de automatización.
- Si está prevista la instalación de una secadora.
- Si el número de puntos de utilización de alumbrado es superior a 30.
- Si el número de puntos de utilización de tomas de corriente de uso general es superior a 20.
- Si el número de puntos de utilización de tomas de corriente de los cuartos de baño y auxiliares de cocina es superior a 6.
- **Si está previsto circuito individual para recarga del vehículo eléctrico.**
- En otras condiciones indicadas en la ITC – BT – 25.

Por tanto, si existiere la intención de adquirir un vehículo eléctrico y disponer de un punto de recarga en una vivienda, hemos de dimensionarla en la categoría de electrificación elevada.

Los escalones de potencia previstos para suministros monofásicos son los siguientes:

TABLA 46.ESCALONES DE POTENCIA PREVISTOS PARA SUMINISTROS MONOFÁSICOS [53]

ELECTRIFICACIÓN	POTENCIA (W)	CALIBRE DEL IGA (A)
Básica	5750	25
	7360	32
Elevada	9200	40
	11500	50
	14490	63

Continuando con la hipótesis planteada de disponer un punto de recarga en una vivienda unifamiliar, las potencias normalizadas instaladas limitarán el número existente de estaciones de recarga, tal y como se puede comprobar en la siguiente tabla:

TABLA 47.POTENCIAS INSTALADAS NORMALIZADAS EN CIRCUITO DE RECARGA PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES [53]

TENSIÓN NOMINAL	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE PROTECCIÓN	POTENCIA INSTALADA	ESTACIONES DE RECARGA POR CIRCUITO
230 V	10 A	2300 W	1
	16 A	3680 W	1
	20 A	4600 W	1
	32 A	7360 W	1
	40 A	9200 W	1
230/400 V	16 A	11085 W	De 1 a 3
	20 A	13856 W	De 1 a 4
	32 A	22170 W	De 1 a 6
	40 A	27713 W	De 1 a 8

9.1 Ecuación de cálculo de la carga total de un edificio destinado a viviendas.

Por consiguiente, la ecuación empleada para calcular la carga total correspondiente a un edificio destinado preferentemente a viviendas sería la siguiente:

$$CTV = CV + CSG + CO + CG \quad (12)$$

Donde cada término queda definido como

CTV : Carga total

CV : Carga de la vivienda

CSG : Carga servicios generales

CO : Carga de oficinas y locales comerciales

CG : Carga de garajes y vehículo eléctrico

Cada uno de los términos presenta una serie de características particulares, así como especificaciones concretas.

El término **CV** queda expresado como:

$$CV = \frac{\sum_1^n POT}{n} \cdot FS1 \quad (13)$$

Donde cada término queda definido como:

POT: Potencia media del grado de electrificación

n: Número de viviendas totales

FS1: Coeficiente de simultaneidad

El término **CSG** queda expresado como:

Suma de la potencia prevista en ascensores, montacargas, alumbrado de portal, caja de escalera y en todo el servicio eléctrico general del edificio con coeficiente de simultaneidad 1.

A la carga correspondiente a alumbrado le corresponden los siguientes valores:

- 15 W/m² si las lámparas son incandescentes y de 8 W/m² si son fluorescentes en portal.
- 7 W/m² para incandescencia y de 4 W/m² para alumbrado con fluorescencia en escalera.

Las especificaciones que corresponden al término **CO** son las siguientes:

- Mínimo de 100 W/m² y planta.
- Mínimo por local de 3450 W a 230 V.
- Coeficiente de simultaneidad 1.

Las especificaciones que corresponden al término **CG** son las siguientes:

- Mínimo de 10 W/m² y planta para garajes de ventilación natural.

- 20 W/m² mínimo para los de ventilación forzada. Potencia según el caudal necesario de renovación según la ITC – BT – 29.
- Mínimo de 3450 W a 230 V.
- Coeficiente de simultaneidad 1.

Dentro del término *CG*, se ha de incluir el término correspondiente al vehículo eléctrico en exclusiva, el cual queda definido como *CVE*. La ecuación que define este término es la siguiente:

$$CVE = 0,1 \cdot N^{\circ} \text{ de plazas} \cdot FS2 \quad (14)$$

- $FS2 = 1$ si no hay SPL
- $FS2 = 0,3$ si hay SPL

En el término *CVE*, el factor de simultaneidad queda regido bajo la premisa de que la instalación contenga SPL o no. El SPL protege a la línea general de alimentación contra sobrecargas, evitando así el fallo de suministro para el conjunto del edificio debido a la actuación de los fusibles de la caja general de protección, mediante una disminución momentánea de la potencia destinada a la recarga del vehículo eléctrico. Este sistema puede actuar desconectando cargas, o regulando la intensidad de recarga cuando se empleen los modos 3 o 4.

9.2 Protecciones eléctricas de las viviendas con puntos de recarga.

A la hora de disponer de un punto de recarga para vehículo eléctrico en una vivienda, la protección que ésta ha de tener queda regulada por la combinación de tres instrucciones técnicas complementarias: ITC – BT – 25, ITC – BT- 23 e ITC – BT – 52. De esta forma, las protecciones generales son las siguientes:

- Interruptor automático. Definido según el grado de electrificación, pero mínimo de 25 A.

- Interruptor (es) diferencial (es), de 30 mA en todos los circuitos. Uno por cada cinco circuitos.
- Interruptor diferencial, de 30 mA exclusivo para el circuito de recarga del vehículo eléctrico (tipo A).
- Protección general de circuitos interiores contra sobretensiones ITC – BT – 23. Si procede, se dispondrá aguas arriba del diferencial general, **pero será obligatorio en circuitos de recarga del vehículo eléctrico.**
- Circuitos de automatización de edificios. Protección con transformador separador de salida máxima 50 V e interruptor automático aguas arriba del diferencial general.
- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada circuito independiente.

9.3 Esquemas de conexión adecuados para la recarga de un vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares.

Los esquemas de recarga que se muestran a continuación son recomendados para viviendas unifamiliares y fincas de cualquier tipo con suministro único, ya que es complicado que la infraestructura común de un edificio esté preparada para albergar este tipo de instalación.

Su uso generalizado en garajes de en régimen de propiedad horizontal supondría grandes caídas de tensión y la necesidad de disponer patinillos para las derivaciones individuales de grandes dimensiones.

Los esquemas mostrados corresponden a:

- Esquema 4a: instalación con circuito adicional para la recarga del vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares.
- Esquema 4b: instalación con circuito o circuitos adicionales para la recarga del vehículo eléctrico

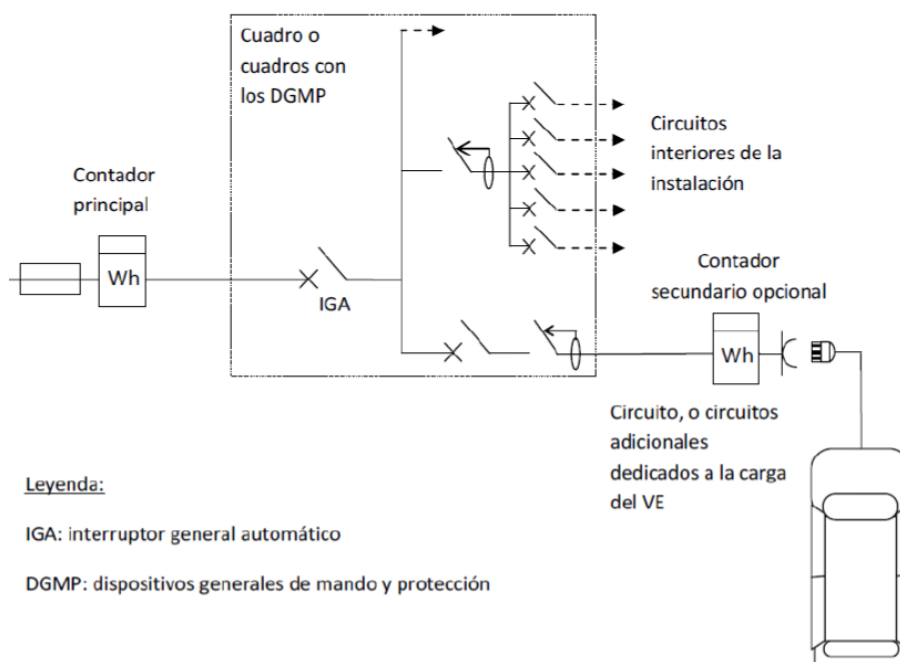


Fig. 71. Esquema 4a [21]

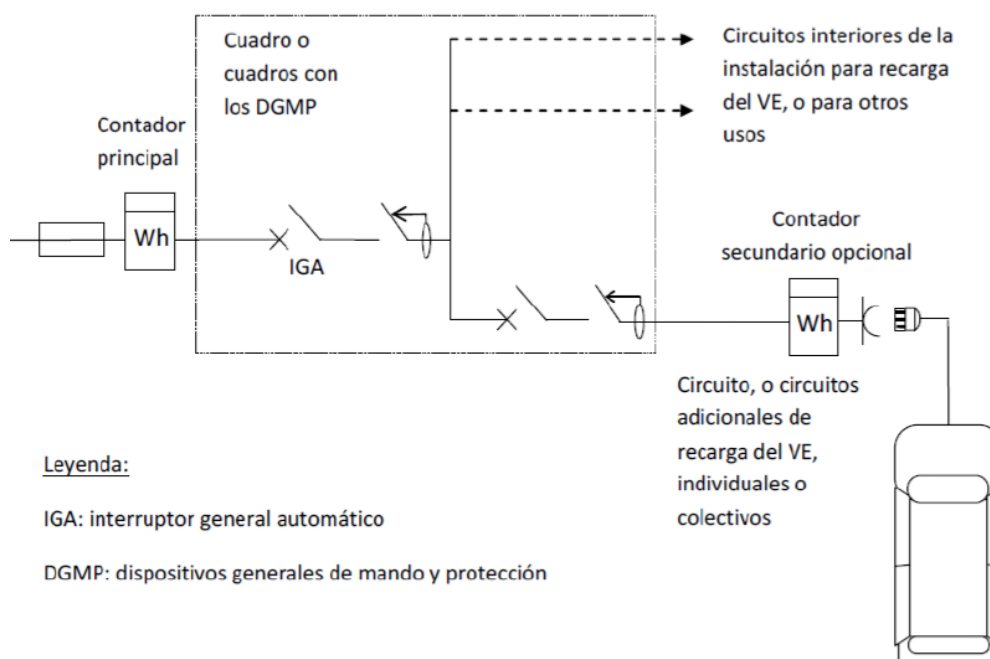


Fig. 72. Esquema 4b [21]

10 PREVISIÓN TEÓRICA DE CARGAS SEGÚN EL ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

10.1 Previsión según los esquemas 1a, 1b, 1c y 4b.

Dependiendo del esquema colectivo de carga (1a, 1b, 1c y 4b), los cuales llevan consigo un contador principal para varias estaciones de recarga, se cumplirán ciertos requisitos:

- En instalaciones de edificios ya existentes, se dispondrá de SPL de manera opcional a criterio del titular del suministro o de la comunidad de vecinos. Así pues, si la LGA fuera suficiente para la nueva previsión de cargas, se ampliará la sección de la LGA. De esta forma, para evitar una posible ampliación, se preferirá instalar el SPL.
- En instalaciones de edificios de nueva construcción, se podrá disponer de SPL, el cual será opcional y estará sujeto al criterio del promotor de la obra.

De esta forma, se tienen las siguientes expresiones:

- Con SPL (previsión mayor):

$$P_{edificio} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) + 0,3 \cdot P_5 \quad (15)$$

- Sin SPL (previsión mayor):

$$P_{edificio} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) + 1,0 \cdot P_5 \quad (16)$$

Donde:

P_1 : Potencia total de las viviendas.

P_2 : Potencia total de servicios generales del edificio.

P_3 : Potencia total de locales comerciales y oficinas.

P_4 : Potencia total de garajes que no disponen de estación de recarga.

P_5 : Potencia total destinada a la recarga del vehículo eléctrico.

Para proceder al cálculo de la potencia prevista para la recarga del vehículo eléctrico, se recurre a la siguiente expresión:

$$P_5 = FS_2 \cdot N \cdot P_{\text{estación de carga}} \quad (17)$$

Donde:

P_5 : Potencia total destinada a la recarga del vehículo eléctrico.

FS_2 : Factor de simultaneidad, cuyo valor generalmente será igual a 1.

N : Número de plazas de garaje que cuentan con punto de recarga.

$P_{\text{estación de carga}}$: Potencia de recarga destinada a cada plaza.

De esta forma:

- a) Si la instalación cuenta con un sistema de control que mida la intensidad por el circuito de recarga colectivo y que regule la intensidad de la recarga, se requerirá modo de carga 3; siendo el factor de simultaneidad $FS_2 < 1$.
- b) Si la instalación no cuenta con un sistema de control, el factor de simultaneidad tomará el valor $FS_2 = 1$.

Pese a lo anterior, la potencia destinada a cada estación de recarga no está definida. En la ITC – BT – 52 se menciona un valor típico de 16 A para instalaciones monofásicas, resultando un valor de potencia de 3680 W; aun así, el proyectista podrá modificar ese valor, mientras que se respeten los siguientes mínimos reglamentarios:

- En garajes de nueva construcción, el término P_5 tomará el valor:

$$P_{5,\text{mínimo}} = \frac{N}{10} \cdot 3680 \text{ (W)} \quad (18)$$

- En garajes de uso residencial, el término P_5 tomará el valor:

$$P_{5,\text{mínimo}} = \frac{N}{40} \cdot 3680 \text{ (W)} \quad (19)$$

Si se suponen unas elevadas previsiones de preinstalación, con un $N > 50\%$, se tiene que:

$$P_5 = FS_1 \cdot FS_2 \cdot N \cdot P_{\text{estación de carga}} \quad (20)$$

Se podrá, por tanto, realizar la previsión de cargas suponiendo que se instalará el sistema SPL, empleando un $FS_1 = 0,3$, siendo este no necesario hasta llegar al 30% de plazas.

Suponiendo un ejemplo de cálculo, para un garaje de 80 plazas y haciendo una preinstalación para 60 plazas, se tiene que $N = 60$, por tanto $N > 50\%$.

El término P_5 se calcularía suponiendo un $FS_1 = 0,3$ y un $FS_2 = 1$, obteniéndose:

$$P_5 = 0,3 \cdot 60 \cdot 3680 = 66240 \text{ W} = 66,24 \text{ kW}$$

10.2 Previsión según los esquemas individual mixto 2, 3a o 3b (con contador principal para cada estación de recarga).

Dependiendo del esquema colectivo de carga (individual mixto 2, 3a, 3b), la potencia total del edificio se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$P_{edificio} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) + 0,3 \cdot P_5 \quad (15)$$

Calculándose el término P_5 en base a:

$$P_5 = N \cdot P_{estación\ de\ carga} \quad (21)$$

En este caso, no se aplica ningún factor de simultaneidad, ya que la previsión de cargas es mayor que con un esquema colectivo. Para edificios de nueva construcción, el término $P_{5,mínimo}$ se calcula según el mismo procedimiento que en anterior apartado.

10.3 Previsión si la instalación cuenta con uno o más circuitos adicionales integrados en la instalación de la vivienda según el esquema 4a.

En este caso, para garajes colectivos de nueva construcción que cuenten con un esquema 4a (caso muy excepcional), se realizará la previsión de cargas para al menos el 10% de las plazas con vehículo eléctrico.

Las expresiones que se emplean en este caso en concreto se muestran a continuación:

$$P_{vivienda} = P_{resto\ de\ circuitos} + FS_1 \cdot P_5 \quad (22)$$

En este caso, el valor del FS_1 tomará el valor 1, y se supondrá que la potencia de la vivienda supera los 9200 W.

10.4 Previsión según los esquemas 2 y 4a.

La guía especifica que en este caso la previsión de cargas será aplicable si la previsión de plazas con preinstalación es superior al 50%.

La potencia total del edificio queda definida como:

$$P_{edificio} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (23)$$

Se tiene en cuenta que el término P_1 engloba la potencia total de las viviendas, incluida la carga del vehículo eléctrico para viviendas con preinstalación, ya que se emplea el mismo contador. Se supone una recarga del vehículo eléctrico principalmente nocturna, y poco simultánea con el resto de los circuitos de la vivienda.

Se toma, por tanto, el término P_1 como:

$$P_1 = \text{máximo} [P_1(\text{diurno}), P_1(\text{nocturno})] \quad (24)$$

10.4.1 Si se supone una recarga diurna.

La potencia eléctrica de las viviendas que poseen vehículo eléctrico queda definida por la siguiente expresión:

$$P_{vivienda}(\text{con VE}) = P_{vivienda}(\text{sin VE}) + 0,3 \cdot 3680 \text{ (W)} \quad (25)$$

Y la potencia media entre las viviendas que poseen vehículo eléctrico y aquellas que no, queda definida por:

$$P_{m,v} = \frac{A \cdot P_{vivienda}(\text{con VE}) + B \cdot P_{vivienda}(\text{sin VE})}{A + B} \quad (26)$$

Donde:

- A : Número de viviendas con vehículo eléctrico.
- B : Número de viviendas sin vehículo eléctrico.
- $P_{m,v}$: Potencia media

De esta forma, el término P_1 , para este caso de estudio, queda definido por:

$$P_1(\text{diurno}) = CS \cdot P_{m,v} \quad (27)$$

En donde el término CS es el coeficiente de simultaneidad de la tabla 1 de la ITC – BT – 10, el cual depende únicamente del número total de viviendas, siendo este $A + B$.

10.4.2 Si se supone una recarga nocturna.

En este caso, se toman como referencia los valores máximos horarios del perfil final de carga 2015 de un consumidor doméstico, extraídos de la ITC – BT – 52.

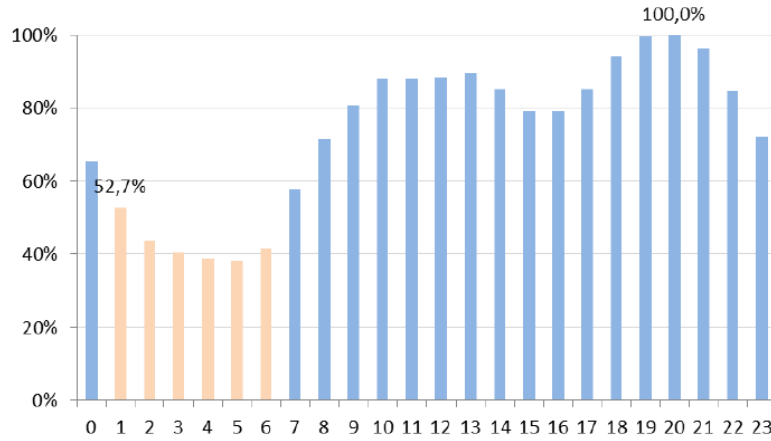


Fig. 73. Valores máximos horarios del perfil final de carga 2015 de un consumidor doméstico [21]

El término P_1 , para este caso de estudio, queda definido por la expresión siguiente:

$$P_1(\text{nocturno}) = 0,5 \cdot CS \cdot P_{\text{vivienda}} (\sin VE) + N \cdot 3680 (W) \quad (28)$$

Se toma un valor de $CS = 0,5$, ya que se presupone que la carga será como mucho del 50%, tal y como se puede apreciar en la anterior gráfica, para la franja horaria que comprende desde las 00:00 horas hasta las 06:00 horas.

En caso de que se disponga una tarifa nocturna, el término P_1 quedará definido como:

$$P_1(\text{tarifa nocturna}) = NV \cdot P_{\text{vivienda}} (\sin VE) + N \cdot 3680 (W) \quad (29)$$

Siendo NV el número de viviendas con tarifa nocturna.

10.5 Ejemplo de cálculo para determinar la previsión de cargas.

Se pretende ejemplificar todo lo anterior en un caso concreto. Para ello se cuenta con el siguiente enunciado que expone el caso de manera concreta:

Se supone un edificio de 4 plantas y 20 viviendas (12 de lujo y 8 normales). Por cada planta, se dispone de 2 viviendas de 100 m² (electrificación básica) y 2 viviendas de 180 m² (electrificación elevada), excepto la última planta que dispone de 4 viviendas de 180 m² de electrificación elevada. Además, el edificio cuenta con:

- 2 ascensores de 8 kW cada uno.
- Alumbrado de escalera con lámparas fluorescentes de 20 W, 5 por rellano, 7 en el patio y 4 en el cuarto de motores de los ascensores.
- Un total de 9 bases de toma de corriente de 16 A para los servicios de limpieza de la escalera y el cuarto de ascensores.
- 1 local comercial de 200 m².
- 2 locales comerciales de reducidas dimensiones.
- Garaje de 900 m² dotado de extracción mecánica, con 32 plazas de garaje (2 para las viviendas de lujo y 1 para el resto de viviendas).

Para la recarga del vehículo eléctrico se dispondrá de 9 plazas de garaje con previsión de 3,68 kW por plaza. Según la ITC – BT – 10, solo se electrificarían el 10% de las 32 plazas, obteniéndose así:

$$32 \cdot 0,1 = 3,2 \text{ plazas}$$

Como 3,2 es un número decimal, se redondea éste a 4 plazas. De esta forma, se cumpliría el mínimo que exige la instrucción técnica; pese a ello, en este caso, se decide disponer de 9 plazas de 3,68 kW para equilibrar de forma óptima las cargas (debido a que son cargas monofásicas y 9 resulta múltiplo de 3).

El esquema colectivo a implementar será el 1a, y podrá disponer o no de SPL. Esto es, un circuito trifásico de 33,1 kW para las 9 estaciones de recarga con un contador único.

Se tendrá en cuenta que para la electrificación básica la potencia máxima es de 5750 W y para la elevada es de 9200 W.

Así pues, se obtiene:

$$P_{total} = N_{viviendas_{elec\ básica}} \cdot P_{básica} + N_{viviendas_{elec\ elevada}} \cdot P_{elevada} \quad (30)$$

$$P_{total} = 8 \cdot 5750 + 12 \cdot 9200 = 156400\ W = 156,4\ kW$$

De esta forma, se obtiene la potencia media por vivienda:

$$P_{media} = \frac{P_{total}}{N_{viviendas}} \quad (31)$$

$$P_{media} = \frac{156400}{20} = 7820\ W = 7,82\ kW$$

Accediendo a la tabla presente en la ITC – BT – 10, se obtiene el coeficiente de simultaneidad que es aplicado para un total de 20 viviendas:

TABLA 48. COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD, SEGÚN EL NÚMERO DE VIVIENDAS [47]

Nº viviendas	CS
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n > 21	$15,3 + (n - 21) \cdot 0,5$

Por tanto:

$$CS \text{ (para 20 viviendas)} = 14,8$$

Como se trata de un esquema colectivo 1a, se procede a calcular los términos correspondientes para determinar la potencia del edificio:

- Potencia total de las viviendas:

$$P_1 = CS \cdot P_{media} \quad (32)$$

$$P_1 = 14,8 \cdot 7820 = 115736 \text{ W} = 115,736 \text{ W}$$

- Potencia total de servicios generales del edificio:

$$P_2 = P_{ascensores} + P_{alumbrado} + P_{enchufes} \quad (33)$$

$$P_{ascensores} = N_{ascensores} \cdot P_{ascensor} \quad (34)$$

$$P_{ascensores} = 2 \cdot 7500 = 15000 \text{ W} = 15 \text{ kW}$$

Para determinar la potencia total de las luminarias, se emplea la ITC – BT – 44, obteniéndose un coeficiente que determina la carga mínima prevista en voltiamperios, que será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.

$$P_{alumbrado} = N_{luminarias} \cdot P_{luminaria} \cdot C \quad (35)$$

$$P_{alumbrado} = (5 \cdot 4 + 7 + 4) \cdot 20 \cdot 1,8 = 1116 \text{ W} = 1,116 \text{ kW}$$

Para el cálculo de la potencia de las 9 bases de toma de corriente, se emplea un factor de simultaneidad para enchufes, el cual no figura en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se calcula según la ecuación:

$$FS = 0,1 + \frac{0,9}{n^{\circ} \text{ bases}} \quad (36)$$

$$FS = 0,1 + \frac{0,9}{9} = 0,2$$

La potencia total de las bases de corriente es igual a:

$$P_{bases} = U \cdot I \cdot n \cdot FS \quad (37)$$

Siendo n el número de tomas

$$P_{bases} = 230 \cdot 16 \cdot 9 \cdot 0,2 = 6624 \text{ W} = 6,624 \text{ kW}$$

Por tanto:

$$P_2 = 15000 + 1116 + 6624 = 22740 \text{ W} = 22,74 \text{ kW}$$

- Potencia total de locales comerciales y oficinas:

$$P_3 = P_{local \text{ grande}} + P_{locales \text{ pequeños}} \quad (38)$$

Para el local comercial se supone una densidad de potencia de 100 W/m^2 :

$$P_{local \text{ grande}} = N \text{ locales} \cdot S \cdot \rho \quad (39)$$

Siendo S la superficie del local y ρ la densidad de potencia:

$$P_{local \text{ grande}} = 1 \cdot 200 \cdot 100 = 20000 \text{ W} = 20 \text{ kW}$$

Para los locales pequeños:

$$P_{\text{locales pequeños}} = N_{\text{locales}} \cdot P_{\text{local}} \quad (40)$$

Por tanto, suponiendo una potencia de 3450 W por local, se obtiene una potencia total para éstos de:

$$P_{\text{locales pequeños}} = 2 \cdot 3450 = 6900 \text{ W} = 6,9 \text{ kW}$$

Y un total de:

$$P_3 = 20000 + 6900 = 26900 \text{ W} = 26,9 \text{ kW}$$

- Potencia total de garajes que no disponen de estación de recarga:

$$P_4 = S \cdot \rho \quad (41)$$

Para el garaje se supone una densidad de potencia de 20 W/m², siendo S la superficie del garaje y ρ la densidad de potencia:

$$P_4 = 900 \cdot 20 = 18000 \text{ W} = 18 \text{ kW}$$

- Potencia total del edificio sin puntos de recarga de vehículo eléctrico:

La potencia total se calcula como la suma de las potencias calculadas anteriormente, obteniéndose:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 115,736 + 22,74 + 26,9 + 18 = 183,376 \text{ kW}$$

- Potencia total del edificio con puntos de recarga de vehículo eléctrico:

La previsión resultante para las 9 plazas que previamente se habían establecido, con una potencia de 3680 W por cada plaza, resulta de la siguiente forma:

$$P_5 = FS_2 \cdot N \cdot P_{\text{estación de carga}} \quad (17)$$

$$P_5 = 1 \cdot 9 \cdot 3680 = 33120 \text{ W} = 33,12 \text{ kW}$$

Bajo la hipótesis de emplear un esquema colectivo 1a **con SPL** y un contador principal, incluyendo un factor de simultaneidad del 30%, la potencia total del edificio resulta de:

$$P_{edificio} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) + 0,3 \cdot P_5 \quad (15)$$

$$P_{edificio} = (115,736 + 22,74 + 26,9 + 18) + 0,3 \cdot 33,12 = 193,312 \text{ kW}$$

Por tanto, el incremento de potencia del edificio según disponga de vehículo eléctrico o no resulta:

$$\Delta P(\%) = \frac{193,312 - 183,376}{183,376} \cdot 100 = 5,41$$

TABLA 49.COMPARATIVA DE POTENCIAS CON O SIN VEHÍCULO ELÉCTRICO

Potencia edificio sin VE (kW)	183,376
Potencia edificio con VE (kW)	193,312
Incremento de potencia (%)	5,41

En base a los resultados obtenidos, se supera la potencia de 150 kW que, según la ITC – BT – 16, se requiere para disponer de tan solo una LGA. Por tanto, como los valores obtenidos superan 150 kW, serían necesarias dos LG.

11 PUNTOS DE RECARGA Y CARACTERÍSTICAS

Se parte de la base de que los vehículos eléctricos, al principio, serán medios de transporte urbanos y que coexistirán múltiples marcas y modelos de estos, así como de empresas encargadas de disponer de los puntos de recarga.

Entre las características más distintivas de los puntos de recarga se encuentran:

- Según los diferentes escenarios donde se pueden instalar puntos de recarga:
 - Poste: sencillo, doble o múltiple
 - De pared: sencillo, doble o múltiple
 - Con panel de distribución múltiple: el cableado puede ser por pared, suelo o techo.
 - En el ámbito doméstico.
- Según el sistema de abono del importe de la recarga:
 - Tarjeta de crédito.
 - Tarjetas tipo RFID.
 - Pago telemático.
 - Interfase para control de red.
- Según la seguridad física del punto de recarga
 - Normal.
 - Reforzado.
 - Antivandálico.
 - Con cierre de plaza para impedir el acceso a otros vehículos.

Dentro de los lugares donde resulta necesario la instalación de puntos de recarga:

- Electrolineras o estaciones de cambio de baterías.
- Estaciones lineales de recarga rápida.
- Puntos de recarga lenta que estén ubicados en entornos domésticos.
- Aparcamientos subterráneos y al aire libre.
- Edificios públicos oficiales y de empresas.

- Estaciones de autobuses y de trenes, así como en aparcamiento de aeropuertos.
- Puntos de alquiler de vehículos en zonas estratégicas.

A continuación, particularizando los escenarios cuyo pronóstico es más favorable a medio y largo plazo, se procede a analizarlos más detalladamente.

11.1 Puntos instalados en domicilios particulares.

Domicilios que cuentan con paneles fotovoltaicos o disponen de la electrificación suficiente para implementar un sistema de recarga en su hogar. El escenario ideal que se baraja en este hipotético caso, es disponer de un punto de recarga de pared (Wall Box), debido a la economía de este. Así pues, muchos de estos hogares contarían con tarifas nocturnas atractivas para proceder a la recarga de sus vehículos.



Fig. 74. Escenario de un punto de recarga doméstico con conector de tipo pared [23]

11.2 Puntos instalados en Flotas de vehículos privados.

Las flotas de vehículos que consten de automóviles de reparto, distribución u otros menesteres, se recargarán durante la noche, debido a la disminución en el coste final de la factura eléctrica. Actualmente, muchas son las compañías que disponen de vehículos de alquiler. La existencia de este tipo de empresas obliga a disponer de puntos

de recarga rápida, debido a la alta demanda de uso y a que los usuarios de estos servicios querrán gozar de una total disponibilidad de toda la flota.



Fig. 75. Vehículo de alquiler perteneciente a la empresa particular emov [26]

11.3 Puntos instalados en flotas de vehículos públicos.

Son las existentes en cada municipio y están destinadas a servicios municipales, Policía Municipal, Bomberos y demás entidades locales. En este tipo de flotas, se contará con el actual aparcamiento, realizando una serie de modificaciones para instalar una infraestructura de recarga para los vehículos. Se deberá disponer de un servicio de recarga diurno y nocturno, dependiendo de los requerimientos de las entidades locales.

11.4 Puntos instalados en edificios comunitarios que dispongan de garaje.

En este tipo de casos, se deberán disponer de los siguientes requisitos especiales:

- Mecanismo de bloqueo del enchufe, para evitar cualquier manipulación indebida.
- Identificación del usuario por medio de un artefacto electrónico, que evitaría el un uso fraudulento.
- Conexión remota para el telecontrol y la telegestión (modos 3 y 4).
- Contador inteligente que indique la energía consumida en cada recarga.

11.5 Puntos instalados en vías públicas.

Es una realidad que un gran porcentaje de propietarios de automóviles no disponen de garaje, por lo que los vehículos están aparcados en la calle. Carece de sentido imaginar que se dispondrán puntos de recarga en las zonas de aparcamiento regulado, por el poco tiempo que los coches permanecen en estos.

La tendencia es la instalación de puntos de recarga de pie, a lo largo de las vías públicas, con medidas especiales que prevengan el vandalismo. En algunas ocasiones se podrá limitar la disponibilidad de energía a determinadas horas a lo largo del día.

11.6 Puntos instalados en centros comerciales.

En este tipo de establecimientos los clientes permanecerán una cantidad de tiempo significativo, por lo que se puede asemejar a aparcamientos por horas. Si se supone una estimación de tiempo de permanencia de alrededor de una hora u hora y media, la opción ganadora es un sistema de recarga rápida.

Pese a que lo más óptimo es disponer de puntos de recarga rápida, en no todos los casos tiene por qué cumplirse. Se recuerda que se cumple una normativa general (ITC – BT – 52 principalmente, así como los distintos reglamentos de baja tensión), pero cada empresa particular implementará la solución que estime oportuna. Así pues, mostrando un caso particular, en el centro comercial los Alfares, de Talavera de la Reina (Toledo), se decidió implementar un sistema de carga básica, que puede suministrar como máximo 7,4 kW. La información de este sistema se encuentra en las siguientes imágenes.

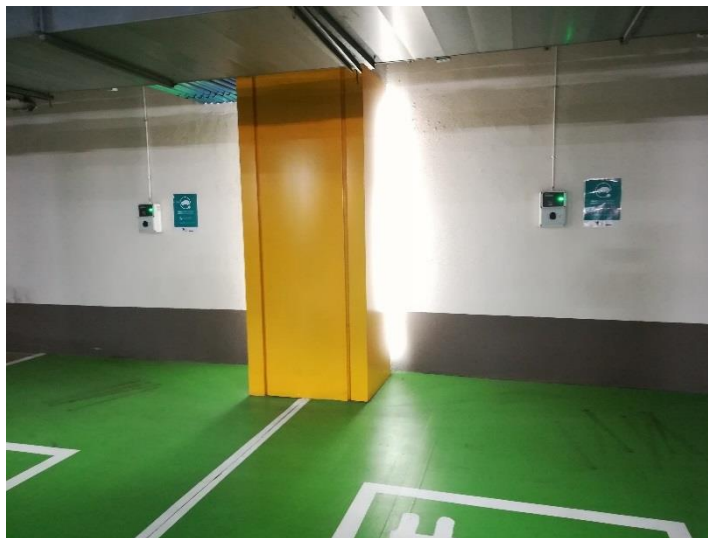


Fig. 76. Puntos de recarga del centro comercial "Los Alfares", en Talavera de la Reina (Toledo)



Fig. 77. Solución de recarga implementada por el centro comercial "Los Alfares", en Talavera de la Reina (Toledo)

El modelo utilizado pertenece a la marca Circutor. Los detalles se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA 50.RESUMEN DE DATOS DE LA SOLUCIÓN DE RECARGA IMPLEMENTADA POR EL CENTRO COMERCIAL “LOS ALFARES”, EN TALAVERA DE LA REINA (TOLEDO)

Tipo	Código	Modo de carga	Nº conectores	Tipo de conector	Tensión, intensidad y potencia		
					230 V	32 A	7,4 kW
RVE – WBM - SMART	V23015	3	1	Base tipo 2			

11.7 Puntos instalados en gasolineras reconvertidas en electrolineras.

Muchas compañías de venta de combustibles fósiles están comenzando a disponer de puntos de recarga en sus instalaciones. Realmente tiene sentido hablar de recarga media o de recarga rápida, pero éstas estarán limitadas por la infraestructura de alimentación que disponga la gasolinera – electrolinera.

Por tanto, las limitaciones para implementar estos sistemas se encontrarán en la localización de la gasolinera – electrolinera, ya sea en autovías o en el centro de grandes ciudades. Cada una de ellas deberá estudiar su caso concreto y hallar el sistema de recarga óptimo del cual podrán disponer en sus instalaciones.

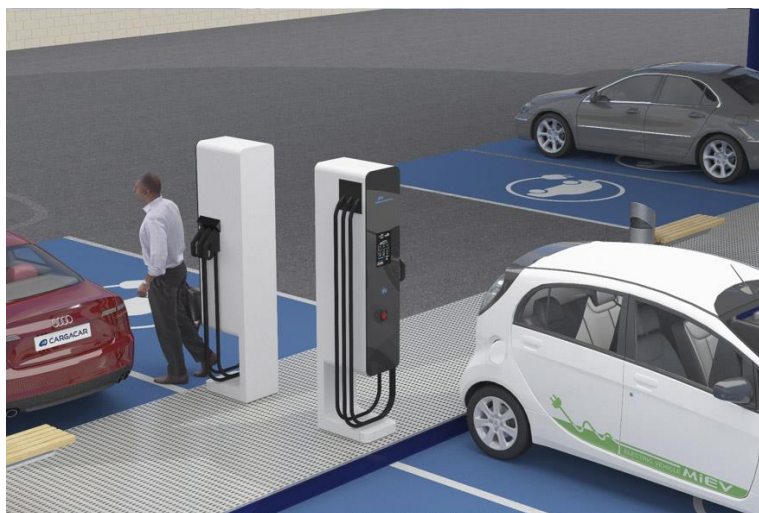


Fig. 78.Diseño de una electrolinera [29]

11.8 Requisitos para la instalación para la recarga del vehículo eléctrico.

En primer lugar, se deben conocer una serie de requisitos generales que engloban a los anteriores escenarios mostrados. Estos son de obligado cumplimiento

11.8.1 Requisitos generales.

Las instalaciones de estaciones de recarga en locales cerrados que estén destinados a aparcamientos colectivos requiere que:

- Se requiere que el local esté desclasificado. Además, el local debe estar exento de riesgo de incendio o explosión.
- Las baterías utilizadas en el vehículo eléctrico, ya sean de Ni – Mh, ión litio o Zebra, no deben desprender gases durante su recarga.
- Se debe colocar un cartel reflectante en la instalación con el siguiente título: “Prohibida la recarga de baterías con desprendimiento de gases”.

En garajes, el cuadro de mando y protección asociado a las estaciones de recarga estará identificado con la plaza o plazas de aparcamiento correspondientes a las que corresponde.

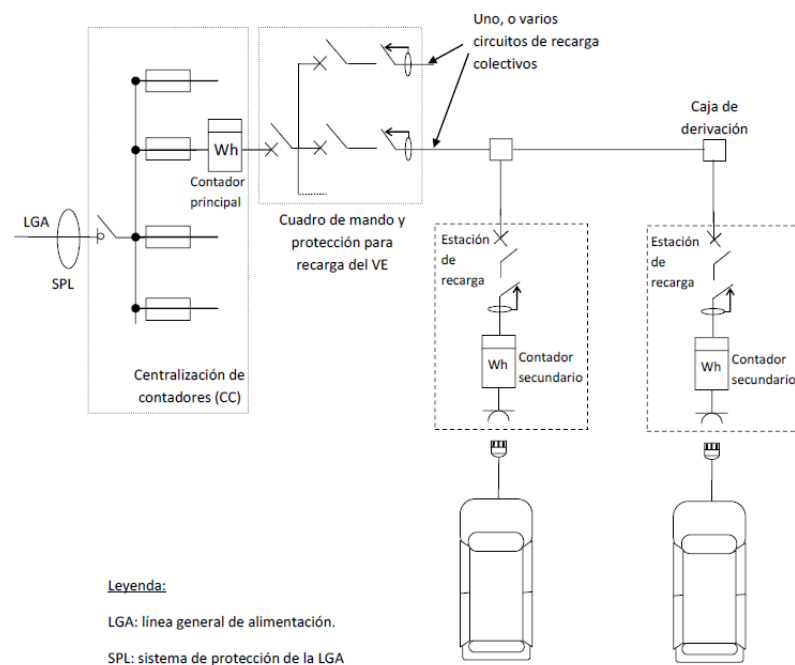


Fig. 79. Ubicación del cuadro de mando y protección de un circuito de recarga [21]

- El nivel de iluminación horizontal medido a nivel del suelo en la zona de recarga ha de ser mayor de 20 lux en el exterior y de 50 lux en el interior. Según el Código Técnico de la Edificación (CTE), estos requisitos han de cumplirse para asegurar la seguridad por riesgo de iluminación inadecuada.
 - Los cuadros de mando y protección del vehículo eléctrico y los SAVE con protecciones integradas habrán de tener sistemas de cierre para evitar manipulaciones indebidas (una desconexión provoca una para de la carga).
 - La caída de tensión de cada circuito, ya sea individual o colectivo debe ser inferior al 5%.
 - Las características del circuito de recarga colectivo o individual para el modo de carga 4 se determina para cada proyecto en particular.
 - Los conductores serán preferiblemente de cobre en viviendas y aparcamientos colectivos de edificios de viviendas. En otros casos, también se podrán emplear conductores de aluminio.
 - $S (Cu) \geq 2,5 \text{ mm}^2$
 - $S (Al) \geq 4 \text{ mm}^2$
-
- Según el modo de carga que se disponga en la instalación, se instalarán las bases de toma de corriente y conectores reglamentarios para evitar así que el propietario tenga que emplear prolongadores o adaptadores de cualquier tipo.
 - Según la norma de producto 61851 – 1, así como la ITC – BT – 52, los adaptadores entre el vehículo y el conector se prohíben.
 - En las instalaciones de nueva construcción, así como en los edificios existentes en los que se hayan acometido ampliaciones, se deberán cumplir:
 - El diseñador de la instalación comprobará que no se sobrepasa la intensidad límite de la LGA (o de la derivación individual en viviendas unifamiliares) teniendo en cuenta que los factores de simultaneidad según el esquema.
 - Se podrá proyectar como una ampliación de la instalación de enlace ya existente o con una instalación de enlace propia. Por ejemplo, una nueva LGA y CGP.

En instalaciones que cuenten con más de cinco estaciones de recarga, el proyectista debe estudiar la necesidad de instalar filtros de corrección de armónicos para cumplir con la norma UNE – EN 50160: 2011 “Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución”. Para cada semana, el 95% de los valores eficaces del armónico promediados en diez minutos deben ser inferiores a los límites establecidos. La siguiente tabla muestra dichos límites:

TABLA 51. LÍMITES DE ARMÓNICOS IMPARES [63]

Armónicos impares			
No múltiplos de 3		Múltiplos de 3	
Orden h	Amplitud Relativa u_h	Orden h	Amplitud Relativa u_h
5	6.0%	3	5.0%
7	5.0%	9	1,5%
11	3,5%	15	0,5%
13	3.0%	21	0,5%
17	2.0%		
19	1,5%		
23	1,5%		
25	1,5%		

TABLA 52. LÍMITES DE ARMÓNICOS PARES [63]

Armónicos pares	
Orden h	Amplitud relativa u_h
2	2.0%
4	1.0%
6...24	0,5%

11.8.2 Alimentación eléctrica.

Para los modos de carga 1, 2 y 3, en estaciones monofásicas y trifásicas, la tensión nominal de las instalaciones del vehículo eléctrico que estén alimentadas directamente de la red de distribución será de 230/400 V respectivamente.

En instalaciones de gran antigüedad, para estaciones de recarga trifásicas habrá que transformar la relación de tensiones de 127/220 V a 230/400 V.

Para el modo 4, la alimentación de la estación de recarga rápida podrá llegar a 1000 V en corriente alterna trifásica y a 1500 V en corriente continua.

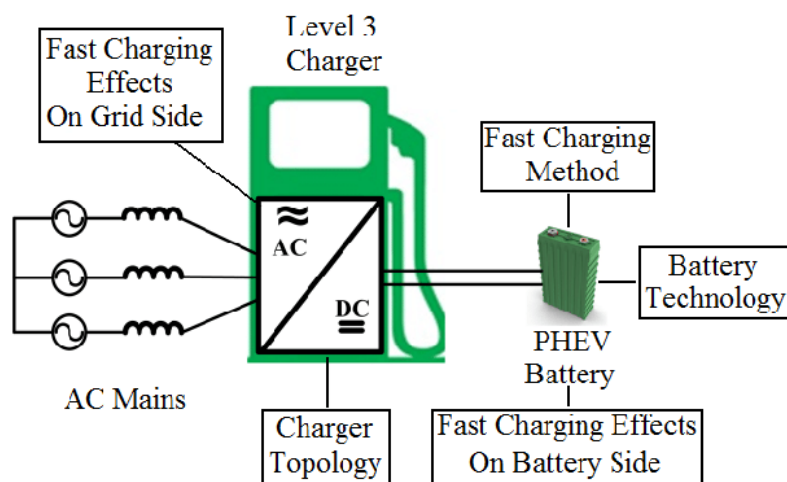


Fig. 80. Cargador rápido para el modo 4 [32]

11.8.3 Canalizaciones.

Las canalizaciones habrán de cumplir los requisitos correspondientes según el tipo de local donde se instalen. Las siguientes instrucciones técnicas de baja tensión indican en qué locales han de cumplirse los requisitos:

- ITC – BT – 28: local de pública concurrencia.
- ITC – BT – 29: local con riesgo de incendio o explosión.
- ITC – BT – 30: locales con características especiales (húmedos, mojados, con riesgo de corrosión, polvorientos, a temperatura elevada o baja, etc.).

Cuando los cables de alimentación de las estaciones de recarga discurran por el exterior, el cociente $U_0 / U = 0,6/1$ kV.

Los cables del SAVE hasta el punto de conexión, se encuentran sometidos también a una serie de normas:

- $U_0/U > 450/750$ V
- Los conductores serán de cobre (clase 5 o clase 6 para usos móviles).
- Deberán ser resistentes mecánicamente, además de ser resistentes a la abrasión, sacudidas y aplastamiento.
- Deberán ser resistentes al medio ambiente según las condiciones de la instalación: aceite, rayos UV, temperatura extrema.
- Según el lugar donde se encuentre la instalación, deberán ser resistentes ante actos vandálicos o la deflagración fortuita.

11.8.4 Contadores secundarios de energía.

Los contadores secundarios de energía serán ubicados en el interior de armarios, envolventes o dentro de un sistema SAVE; todo ello derivado de la normativa UNE – EN 50470 – 1 y UNE – EN 50470 – 3.

Contarán con una clase metrológica A, además de con unos límites de error de energía activa que quedan establecidos en la siguiente tabla:

- Para contadores monofásicos y polifásicos con cargas equilibradas:

TABLA 53. LÍMITES DE ERROR DE ENERGÍA ACTIVA PARA CONTADORES MONOFÁSICOS Y POLIFÁSICOS CON CARGAS EQUILIBRADAS [56]

Valor de la corriente para contadores de conexión directa o conectados a transformadores	Factor de potencia	Límites de error en tanto por ciento para contadores de índice de clase		
		A	B	C
$I_{min} \leq I \leq I_{tr}$	1	± 2,5	± 1,5	± 1,0
$I_{tr} \leq I \leq I_{max}$	0,5 inductivo...1...capacitivo 0,8	± 2,0	± 1,0	± 0,5

- Para contadores polifásicos con una sola carga monofásica, pero que cuentan con tensiones polifásicas equilibradas en los circuitos de tensión:

TABLA 54. LÍMITES DE ERROR PARA CONTADORES POLIFÁSICOS CON UNA SOLA CARGA MONOFÁSICA, PERO QUE CUENTAN CON TENSIONES POLIFÁSICAS EQUILIBRADAS EN LOS CIRCUITOS DE TENSIÓN [56]

Valor de la corriente para contadores de conexión directa o conectados a transformadores	Factor de potencia	Límites de error en tanto por ciento para contadores de índice de clase		
		A	B	C
$I_{tr} \leq I \leq I_{max}$	0,5 inductivo... 1	± 3,0	± 2,0	± 1,0

De esta forma, los contadores secundarios de energía se instalarán dependiendo de ciertos factores. Así pues, se instalarán en:

- Los esquemas 1a, 1b, 1c y 4b, cuando exista una transacción comercial, basada en la energía consumida para estaciones que estén ubicadas en:
 - La vía pública y estaciones de movilidad eléctrica.
 - Aparcamientos o estacionamientos colectivos en régimen de propiedad horizontal.
- En el resto de los casos será opcional.

11.8.5 Medidas de protección contra sobreintensidades y diferenciales.

Cada punto de conexión se protegerá con un interruptor automático de curva C y una protección diferencial de clase A de 30 mA.

De esta forma:

- La estación de recarga debe limitar las corrientes de fuga en CC a un valor de 6 mA. En caso contrario, se emplearán diferenciales de tipo B (UNE – HD 60364 – 7 – 722).
- Las protecciones podrán formar parte de la instalación fija o estar dentro del SAVE.



Fig. 81. Estación de recarga con protección magnetotérmica y diferencial [52]

El interruptor automático deberá cumplir con las siguientes normas:

- UNE – EN – 60898, para magnetotérmicos de uso doméstico y análogo.
- UNE – EN – 61009, para protección diferencial y magnetotérmico.
- UNE – EN – 60947 – 2, para magnetotérmicos de uso industrial.

En el modo 3 de carga, se deberá evitar el disparo del interruptor automático de protección del circuito durante la recarga, debido, por ejemplo, a la tolerancia del interruptor automático, al efecto de la temperatura sobre su funcionamiento o incluso al consumo interno de la estación de recarga.

Dependiendo del valor de la intensidad nominal, se destaca lo siguiente:

- Para $I_n \geq I_n$ (SAVE con un punto de conexión), se debe apreciar la tabla orientativa que aparece a continuación:

TABLA 55.REFERENCIA DE VALORES DE INTENSIDADES PARA LOS IA Y LA ESTACIÓN DE RECARGA

Alimentación	Base / Conector	I_n (IA)	I_n (Estación de recarga)
Monofásica	IEC – 62196, tipo 2	20 A	16 A
Monofásica	IEC – 62196, tipo 2	40 A	32 A
Trifásica	IEC – 62196, tipo 2	20 A	16 A
Trifásica	IEC – 62196, tipo 2	40 A	32 A
Trifásica	IEC – 62196, tipo 2	63 A	63 A

- Para $I_n \geq I_{n1} + I_{n2}$ (SAVE con dos puntos de conexión y uso simultáneo), se empleará la documentación del fabricante como referencia.

Para finalizar con este punto, se ha de indicar que la temperatura ambiente dentro del cuadro influye en la curva térmica, de forma y manera que la intensidad de disparo disminuye si aumenta la temperatura. La temperatura de referencia para las curvas es de 40°C.

Como se muestra en la siguiente gráfica de ejemplo, la temperatura ambiente influye en la intensidad de disparo de un magnetotérmico. Como referencia se tiene que a 40°C se obtiene un factor de 1,00.

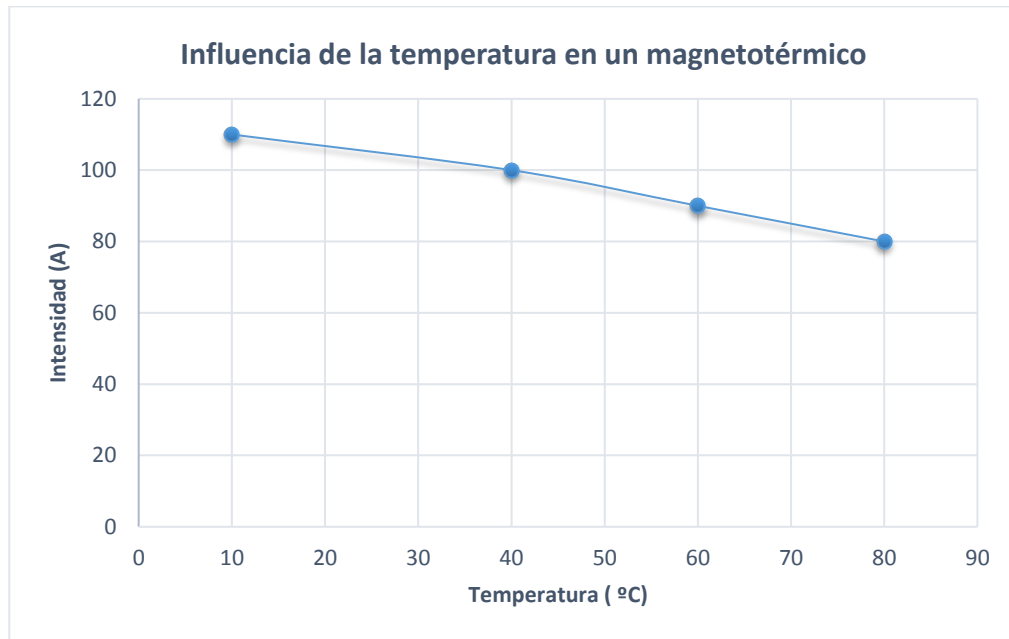


Fig. 82. Influencia de la temperatura en un magnetotérmico

11.9 Procedimiento para la instalación de puntos de recarga.

En función de la ubicación del punto de recarga, los pasos a seguir para proceder a tal efecto variarán. Dentro de los posibles escenarios (ya comentados con anterioridad), se pueden encontrar tres situaciones destacadas: instalación en viviendas, en empresas o en la vía pública.

11.9.1 Procedimiento para la instalación de un punto de recarga en viviendas.

Se parte del supuesto de que la vivienda puede ser unifamiliar o una comunidad de vecinos con garaje comunitario. A continuación, se detallan los pasos a ejecutar:

1) Elegir una empresa instaladora u operador de movilidad:

Esta entidad aconsejará sobre el tipo de recarga, la potencia necesaria y el tipo de instalación que se debe acometer. Así pues, el concesionario donde se realizó la compra del vehículo eléctrico podrá facilitar una empresa instaladora u operador de movilidad.

2) Decisión de qué tipo de recarga se desea implementar:

En función de las características del vehículo que disponga el usuario, se decidirá la potencia del punto de recarga, así como el tipo de conector. De este

modo, se podrá decidir si el usuario desea un punto de su propiedad o gestionado de forma remota por un operador de movilidad que ofrezca diversos servicios añadidos a la recarga.

3) Decisión entre las opciones de instalación:

- a) Suministro eléctrico existente individual, aprovechando así el contador particular de la vivienda. Se determinará si la vivienda dispone del grado de electrificación suficiente.
- b) Se podrá instalar un nuevo contador para el punto de recarga desde el cuadro general de contadores, implicando de esta forma el alta de un nuevo suministro con la empresa distribuidora.
- c) Suministro eléctrico existente colectivo, aprovechando el contador de los servicios del aparcamiento comunitario.

4) Comunicado anticipado a la comunidad de vecinos:

Este punto no aplica para viviendas unifamiliares. Según la actual ley de propiedad horizontal, en el caso de una plaza en un aparcamiento comunitario, se debe comunicar a la comunidad la instalación del punto de recarga. Para tal efecto, bastará con un escrito al presidente y al administrador. La comunidad no podrá oponerse a la instalación, si bien el usuario del punto deberá hacerse cargo de los costes derivados de ésta. La instalación podrá comenzar a ejecutarse una vez se haya realizado el comunicado y presentado la memoria técnica de diseño.

11.9.2 Procedimiento para la instalación de un punto de recarga en empresas o administraciones.

Siendo objeto de recarga una flota de vehículos propia o para empleados, así como clientes de la empresa. A continuación, se detallan los pasos a ejecutar:

1) Identificación de las necesidades de recarga de los vehículos eléctricos:

Dependiendo del tamaño de la flota operativa que disponga la empresa, las necesidades energéticas podrán variar de unos casos a otros.

2) Elección del tipo de pago a implementar:

Este tipo de pago podrá ser retribuido en especie a los empleados, como valor añadido al propio servicio de la empresa, de pago o incluso llegar a ser gratuito.

3) Elección de los servicios asociados de la recarga:

Será crucial la identificación del usuario que proceda a recargar el vehículo eléctrico y qué medio de acceso dispondrá (libre, mediante código QR...). Así pues, se planteará la posibilidad de gestionar la recarga remotamente. Este servicio deberá incluir con las respectivas protecciones de seguridad y anti – vandálicas.

4) Decisión entre las opciones de instalación:

Habrà de contactar con la apropiada empresa instaladora o proveedora de servicios de movilidad. De esta forma, será de obligada necesidad el comprobar la potencia eléctrica disponible y, en su caso, realizar las correspondientes gestiones con la empresa distribuidora de energía.

11.9.3 Procedimiento para la instalación de un punto de recarga de uso público.

En este caso, los promotores podrían ser las administraciones locales, comarcales o en su defecto autonómicas, así como empresas del sector terciario u otros operadores de movilidad:

1) Si el promotor es una administración, se decidirá su grado de implicación en el despliegue de red pública:

Para determinar este hecho se tendrán en cuenta las dimensiones del municipio, la calidad del aire del entorno y si posee potencial turístico.

2) Elección del tipo de recarga:

Ya sea recarga básica, semi – rápida, rápida o ultrarrápida. Dependerá de las dimensiones del aparcamiento delimitado para tal efecto y del coste asociado a la instalación (dimensionado del cableado, aparamenta).

3) Determinación la ubicación del punto de recarga:

Seleccionando aquellos lugares potenciales y de fácil y cómoda accesibilidad, tales como aparcamientos de concesión municipal o de acceso de clientes (hoteles, centros comerciales...), así como vía pública o corredores interurbanos.

4) Identificación de las opciones de los servicios de recarga:

La recarga del vehículo eléctrico llevará asociada una serie de servicios para el usuario, tales como descuentos en compras o cualquier tipo de iniciativa comercial. Será posible reservar el punto de recarga por vía telemática y gestionarlo de forma remota. Se posibilitará la opción de pago a través de teléfono inteligente o tarjeta de crédito, así como efectivo.

5) Licitación del contrato a una empresa eléctrica instaladora o proveedora de servicios de movilidad con o sin cesión de suelo:

Si una administración hace las funciones de promotor, será requerida una licitación pública, ya sea para implementar los puntos de recarga o concesionar suelo público destinado a tal efecto. Llegado el caso en que la administración asuma la acometida e instalación, es posible que sean requeridas gestiones por parte de la distribuidora eléctrica para disponer de más potencia en el punto de suministro.

12 RED PÚBLICA DE RECARGA

A nivel nacional, se encuentran diversas soluciones que ofrecer al usuario para la recarga de los vehículos eléctricos. Cada ciudad, comunidad autónoma, así como cada empresa privada, implementará una solución de recarga concreta; por lo que resulta desmesuradamente complejo ejecutar un análisis en detalle de todo el panorama nacional. Por tanto, se ha decidido concretar y examinar a fondo la solución energética que ha desarrollado la capital de España: Madrid, de tal forma que pueda ser extrapolada y emulada por otras ciudades españolas. En otras palabras, se ha decidido emplear el caso de una ciudad en concreto como ejemplo nacional.

Tal y como se puede visualizar en el mapa proporcionado por Electromaps, se obtiene una visión global de la distribución de los puntos de recarga:

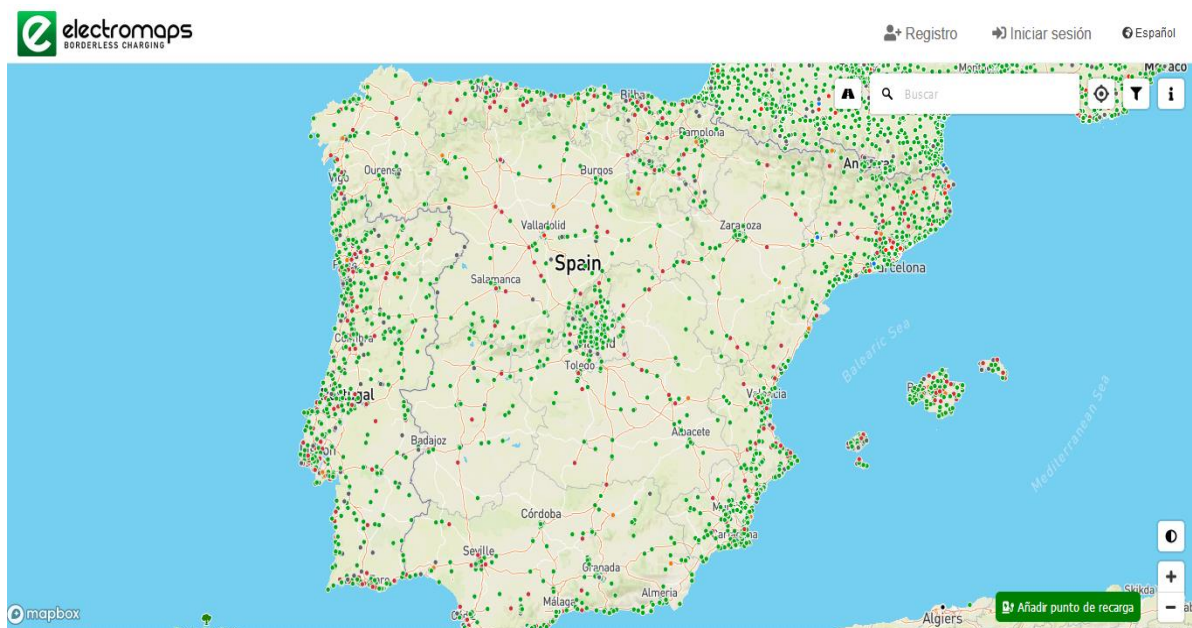


Fig. 83. Densidad de puntos de recarga a nivel nacional [24]

El mayor número de puntos de recarga se encuentra situado tanto en centro de la península como en la costa este, existiendo una densidad notable en Cataluña, más

concretamente en Barcelona. Madrid cuenta con una de las mayores densidades de puntos de recarga.

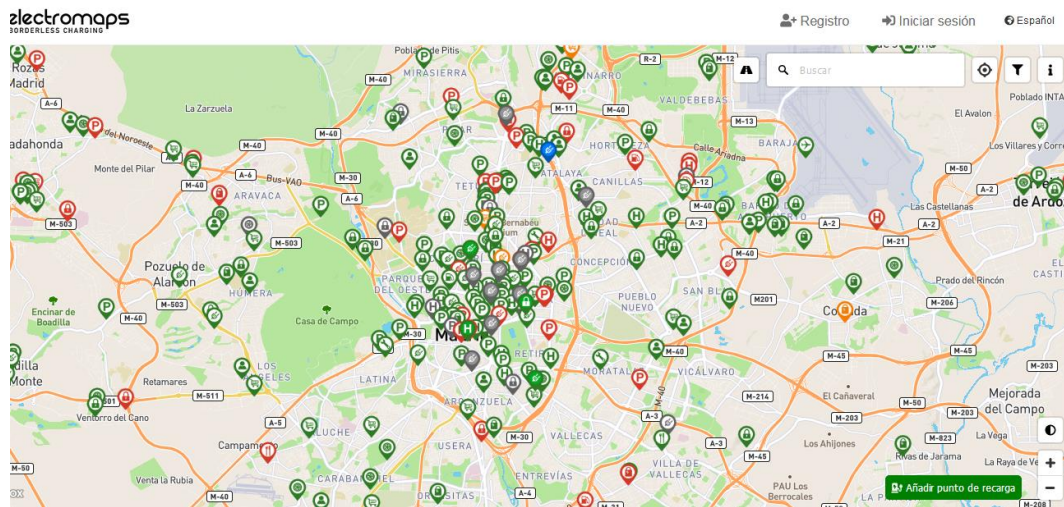


Fig. 84. Vista ampliada de los puntos de recarga de Madrid [24]

Ampliando la imagen se observa la cantidad de puntos instalados. La aplicación Electromaps no discrimina entre la propiedad del punto de recarga (ya sea empresa privada o entidad pública) o la potencia que es capaz de suministrar. Además, para realizar cualquier tipo de consulta, obliga al usuario a registrarse en su base de datos, con la consiguiente pérdida de identidad. Posee un código de colores que permite al usuario registrado identificar el estado del punto de recarga, siendo este:

TABLA 56. IDENTIFICACIÓN POR COLORES DE LA APLICACIÓN ELECTROMAPS [24]

Código de colores	Estado del punto
Verde	Disponible
Rojo	Ocupado
Gris	No hay datos / Averiado

Tomando consciencia del gran número de estaciones de recarga, se procede a acotar en mayor medida el estudio, enfocándolo exclusivamente para los puntos que provengan de entidades públicas.

Así pues, las soluciones de recarga pertenecientes a empresas privadas quedan excluidas del análisis ejecutado en este trabajo. Nótese la constante evolución en este



sector de la iniciativa privada, dando como resultado a numerosos avances tecnológicos sujetos a su propia patente, de los cuales apenas existe información disponible.

12.1 Red pública de recarga de Madrid.

Para ello, se ha decidido hacer un análisis concerniente a la infraestructura de recarga pública y qué soluciones de movilidad se proporcionan en la capital de España. Los siguientes puntos se encuentran en el portal web del Ayuntamiento de Madrid:

TABLA 57. RED DE RECARGA MUNICIPAL EN VÍA PÚBLICA [45]

Localización	Tipo de conector
C/ Alfonso XII, 2. Distrito retiro	M
C/ Bueso Pineda 29. Distrito Ciudad Lineal	S/M
C/Cardenal Marcelo Spínola, 10. Distrito Chamartín	S/M
C/ Castelló, 105. Distrito Salamanca	S/M
C/ Cerro de la Plata, 4. Distrito Retiro	S/M
C/ Chulapos s/n. Distrito Arganzuela	M
C/ Fernández de los Ríos, 42. Distrito Chamberí	M
C/ Fuencarral, 114. Distrito Chamberí	S/M
C/ Génova, 24. Distrito Centro	S/M
C/ Goya, 36. Distrito Salamanca	S/M
C/ Goya, 123. Distrito Salamanca	M
C/ C/ Ibiza, 1. Distrito Retiro	S
C/ Manuel Silvela, 16. Distrito Chamberí	S/M
Paseo de la Castellana, 33. Distrito Chamberí	S/M
Paseo de la Castellana 52. Distrito Salamanca	M
Paseo de la Castellana, 106. Distrito Chamartín	M
Paseo de la Castellana, 160. Distrito Chamartín	M
Paseo de la Castellana, 259. Distrito Fuencarral – El Pardo	S/M
Plaza de la Lealtad. Distrito Retiro	S/M
Ronda de Valencia, 1. Distrito Arganzuela	S/M
C/ San Bernardo, 14. Distrito Centro	S
C/ San Bernardo, 122. Distrito Chamberí	M
C/ Santa Engracia, 115. Distrito Chamberí	S/M
C/ Velázquez, 74. Distrito Salamanca	S

TABLA 58. RED DE RECARGA RÁPIDA DE ACCESO PÚBLICO [45]

Localización	Tipo de conector
Hub Eléctrico Colón EMT C/ Armada Española. (Salamanca)	CH/M/CO
Aparcamiento EMT. Plaza Jacinto Benavente, 6. (Centro)	CH/M/CO – S
Aparcamiento EMT. C/ Hiedra, 36. (Chamartín)	CH/M/CO – MS
Aparcamiento EMT. Plaza Marqués de Salamanca. (Salamanca)	CH/M/CO – MS
Estación de servicio (GIC). Avenida de Machupichu, 105. (Hortaleza)	CH/M/CO
Estación de servicio (IBIL)	CH/M/CO
Estación de servicio (IBIL)	CH/M/CO
Estación de servicio Gas Natural Unión Fenosa – CMT (Vallecas)	CH/M/CO
Estación de recarga (Electric Charge Spain). Medina del Pomar, 22. (Barajas)	CH/M/CO

TABLA 59. RED DE RECARGA EN APARCAMIENTOS DE ROTACIÓN Y DISUASORIOS [45]

Localización	Tipo de conector
Aparcamiento disuasorio EMT. (San Blas – Canillejas)	M
Aparcamiento EMT. Avenida de Portugal, 155. (Latina)	S/M
Aparcamiento EMT. Avenida General Perón, 27. (Chamberí)	M
Aparcamiento público. Plaza del Carmen, 10. (Centro)	M
Aparcamiento público. Plaza de Colón, calle Goya, 2. (Salamanca)	M
Aparcamiento público. Plaza de Santa Ana, S/N. (Centro)	M

Empleándose el siguiente código para identificar el tipo de conector (los cuales han sido desarrollados en profundidad en anteriores capítulos):

S: Schuko, **M:** Mennekes, **CH:** CHAdeMO, **CO:** Combo.

Así pues, el propio Ayuntamiento de Madrid ofrece un plano de la red de recarga de vehículos eléctricos de acceso público, el cual también se encuentra dentro de su portal web. A continuación, se muestra la imagen de la red de recarga:

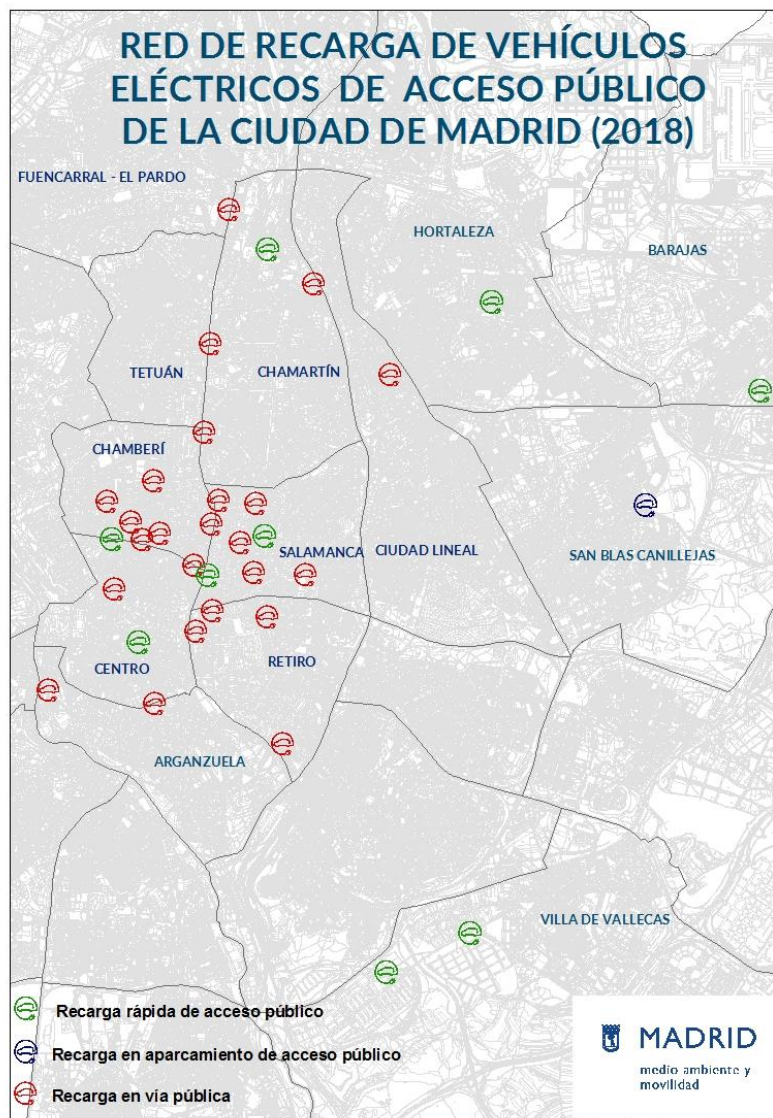


Fig. 85.Red de recarga pública de Madrid [45]

12.2 Obtención de los datos correspondientes a la red de recarga pública de Madrid propiedad de EMT.

Una vez se hubo procedido a la adquisición de datos a través de portales públicos web del Ayuntamiento de Madrid, tan solo fue posible adquirir datos relativos a la ubicación de los puntos de recarga y al tipo de conector, pudiendo, en ocasiones, averiguar el número de plazas de recarga disponibles en cada punto.

La información disponible resultó deficiente y escasa para realizar un trabajo de estas características. Se buscaba el consumo energético de los puntos, así como la potencia disponible en cada uno de ellos. Si bien es cierto que el portal de transparencia del Ayuntamiento de Madrid muestra datos completos referentes a diversos ámbitos, para el caso de la recarga del vehículo eléctrico, a fecha de febrero de 2019, no contaba con datos referentes a potencia o consumo energético.

Ello condujo a la necesidad de localizar una fuente que pudiese proveer de los datos que se necesitaban. Se consideró que una de las formas más óptimas para alcanzar tal meta era acotar más el estudio del número de puntos, decidiéndose así preguntar, a través de la página web de EMT, si disponían de información de la potencia y el consumo de sus puntos. En primer lugar, se obtuvo una tabla que recogía parte de la información, entre la que se encuentra:

- Tipo de recarga
- Potencia de recarga
- Tipo de certificación
- Marca y modelo del cargador de batería
- Tipo de conector empleado
- Fecha de activación del punto
- Denominación del punto
- Precio del servicio prestado

A continuación, se muestra la tabla de datos proporcionada por EMT. Se recomienda zoom para verla con detalle, si bien, también se procede a estudiar cada punto por separado, detallando la solución implementada en cada uno de ellos. Sobre todo, prima estudiar el cargador utilizado.



TABLA 60.DATOS TÉCNICOS DE LOS PUNTOS DE RECARGA EMT

BASE		Potencia	OCA/ Cert. CAM	Marca Modelo	Conector	Activacion	Denominación	Conector	Precio
COLON	carga rápida	50 Kw	OCA	Circutor Raption 50	Combo 2 CHAdEMO Mennekes	feb-17	Colon-001	1, Combo 2, 50 kW	0,40 euros/kWh
								2, CHAdEMO, 50 kW	
								3, MENNEKES, 44 kW	
	carga rápida	50 Kw	pend.	ChargeMaster: Ultracharge	pend.		Colon-002	1, Combo 2, 50 kW	
								2, CHAdEMO, 50 kW	
								3, MENNEKES, 44 kW	
RECUERDO	carga rápida	50 Kw	SI	Circutor RVE-QPC CH-CCS-AC63	CHAdEMO - CCS	mar-18	Recuerdo-001	2, Combo 2, 50 kW	0,35 euros/kWh
							Recuerdo-001	3, CHAdEMO, 50 kW	
	carga lenta	7,5 Kw	SI	Circutor RVE-WB	Mennekes - Schuko	ene-19	Recuerdo-002	1, MENNEKES, 7 kW	gratis
							Recuerdo-003		
							Recuerdo-004		
							Recuerdo-005		
							Recuerdo-006		
							Recuerdo-007		
							Recuerdo-008		
							Recuerdo-009		
							Recuerdo-010		
							Recuerdo-011		
							Recuerdo-012		
							Recuerdo-013		
							Recuerdo-014		
							Recuerdo-015		
							Recuerdo-016		
							Recuerdo-017		
							Recuerdo-018		
							Recuerdo-019		
BENAVENTE	carga rápida	50 Kw	SI	Circutor RVE-QPC CH-CCS-AC63	CHAdEMO - CCS		Benavente-001	2, 50 kW	0,35 euros/kWh
	carga semirráp.	22 Kw	SI	Circutor RVE	CHAdEMO - CCS		Benavente-001	3, 50 kW	
							Benavente-001	1, 22 kW	
	carga lenta	7,5 Kw	SI	Circutor RVE-WB	Mennekes Schuko	ene-19	Benavente-002	1, MENNEKES, 7 kW	gratis
							Benavente-002	2, Schuko, 3 kW	
							Benavente-003	1, MENNEKES, 7 kW	
							Benavente-003	2, Schuko, 3 kW	
SALAMANCA	carga rápida	50 Kw	SI	Circutor RVE-QPC CH-CCS-AC63	CHAdEMO CCS		Salamanca-001	2, Combo 2, 50 kW	0,35 euros/kWh
							Salamanca-001	3, CHAdEMO, 50 kW	
PORTUGAL	carga lenta	7,5 Kw	SI	Circutor RVE-WB	Mennekes - Schuko	ene-19	Portugal-001	1, MENNEKES, 7 kW	gratis
							Portugal-002		
							Portugal-003		
							Portugal-004		
							Portugal-005		
							Portugal-006		
							Portugal-007		

12.2.1 Base de Colón.

La base de Colón cuenta con dos modelos de cargador de baterías para vehículo eléctrico (pese a que uno de ellos, a fecha de febrero de 2019, no se encuentre disponible), si bien ambas pueden suministrar hasta 50 kW de potencia. Se emplea **recarga rápida**.

Uno de ellos, que cuenta con el modelo Raption 50 de la marca Circutor, consta de conectores CHAdeMO, Combo 2 y Mennekes y se activó en febrero de 2017. Dentro de la serie Raption 50, de hasta 50 kW, se encuentran las variantes CSS, CHA y DUO. No ha sido posible identificar qué variantes son usadas, por lo que se ha decidido incluir una imagen del cargador así como las características generales de los equipos Raption 50. El otro cargador que se implementará pertenece a la marca ChargeMaster, modelo Ultracharge. El coste del servicio es de 0,40 €/kWh.

12.2.2 Base de Recuerdo.

La base de Recuerdo cuenta con dos modelos de cargador de baterías para vehículo eléctrico, si bien uno de ellos puede suministrar hasta 50 kW de potencia y el otro hasta 7,5 kW. Son empleadas carga rápida y carga lenta, respectivamente.

Uno de ellos, de **recarga rápida**, es el modelo RVE – QPC, tipo CH – CCS – AC63, de la marca Circutor, y consta de conectores CHAdeMO y CCS. Fue activado en marzo de 2018. El coste del servicio es de 0,35 €/kWh.

El de **recarga lenta**, es el modelo RVE – BW, de la marca Circutor, y consta de conectores Mennekes y Schuko. Fue activado en enero de 2019. El coste del servicio es gratuito.

12.2.3 Base de Benavente.

La base de Recuerdo cuenta con tres modelos de cargador de baterías para vehículo eléctrico.

Uno de ellos, de **recarga rápida**, es el modelo RVE – QPC, tipo CH – CCS – AC63, de la marca Circutor, y consta de conectores CHAdeMO y CCS. Es capaz de suministrar hasta 50 kW. El coste del servicio es de 0,35 €/kWh.

El de **recarga semi – rápida**, es el modelo RVE, de la marca Circutor, y consta de conectores CHAdeMO y CCS. Es capaz de suministrar hasta 22 kW. El coste del servicio es de 0,35 €/kWh.

El de **recarga lenta**, es el modelo RVE – WB, de la marca Circutor, y consta de conectores Mennekes y Schuko. Es capaz de suministrar hasta 7,5 kW. Fue activado en enero de 2019. El coste del servicio es gratuito.

12.2.4 Base de Salamanca.

La base de Salamanca cuenta con un modelo de cargador de baterías para vehículo eléctrico, de **recarga rápida**, que puede suministrar hasta 50 kW de potencia. Se trata de un Circutor RVE – QPC, tipo CH – CCS – AC63 y consta de conectores CHAdeMO y CCS. El coste del servicio es de 0,35 €/kWh.

12.2.5 Base de Portugal.

La base de Portugal cuenta con un modelo de cargador de baterías para vehículo eléctrico, de **recarga lenta**, que puede suministrar hasta 7,5 kW de potencia. Se trata de un Circutor RVE – WB, y consta de conectores Mennekes y Schuko. El coste del servicio es de gratuito.

12.3 Costes en función de la potencia suministrada en la recarga.

Por tanto, observando el coste en función de la potencia suministrada, se tiene que:

TABLA 61.COMPARATIVA DE PRECIOS EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA

Potencia (kW)	Coste (€/kWh)
7,5	0
22	0,35
50	0,35 / 0,40

12.4 Equipos de recarga instalados en las bases.

A continuación, se incluyen una serie de ilustraciones de los equipos empleados en cada base.

12.4.1 Equipos de la base de Colón.



Fig. 86. Estación de recarga rápida exterior con triple toma Raption 50 [22]

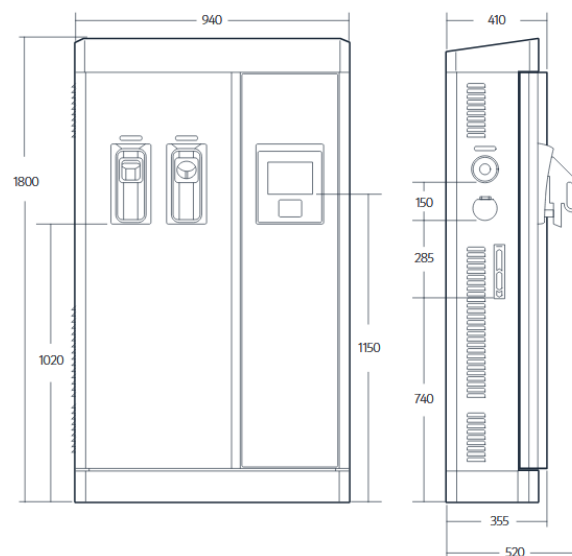


Fig. 87. Dimensiones del equipo Raption 50 [22]

12.4.2 Equipos de las bases de Recuerdo, Benavente, Salamanca y Portugal.



Fig. 88. Equipo de recarga rápida exterior Combo & CHAdEMO [54]

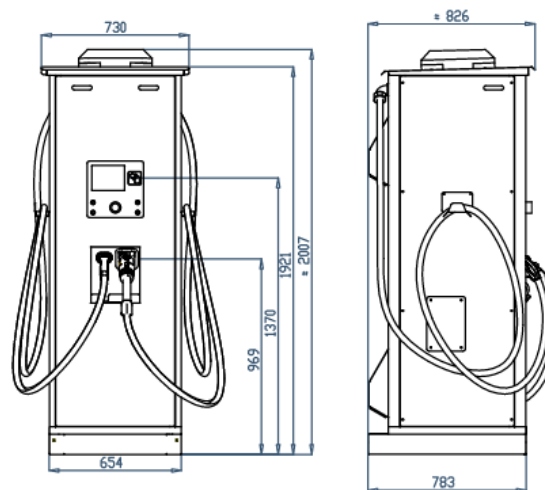


Fig. 89. Dimensiones del equipo de recarga rápida exterior Combo & CHAdEMO [54]



Fig. 90. Equipo de recarga RVE – BW [41]

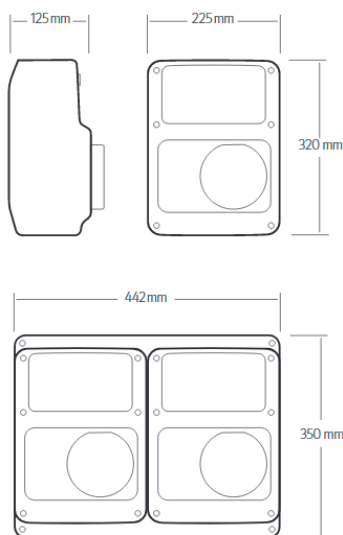


Fig. 91. Dimensiones del equipo de recarga RVE – BW [41]

12.5 Obtención de los datos correspondientes al consumo de energía eléctrica de la red de recarga pública de Madrid propiedad de EMT.

Pese a contar con la anterior información tratada, eran necesarios algunos datos más para dotar de forma al trabajo e indagar con mayor profundidad en el estudio de la energía que se suministraba para recargar las baterías de los vehículos.

Por ello, se redactó una petición a la secretaría general de EMT, solicitando acceso a información pública a fecha de 27 de febrero de 2019. Tras el análisis efectuado de la solicitud, de acuerdo con lo previsto en la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, la

Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A., adjuntó dos ficheros con el correspondiente conjunto de datos. La información que se facilitó por parte de EMT corresponde a al periodo comprendido entre el 21 de marzo de 2018, fecha de inicio de la gestión por EMT de las estaciones de recarga eléctrica que se encuentran en su red de aparcamientos y el 19 de marzo de 2019.

12.5.1 Descripción del conjunto de datos obtenido.

El conjunto de datos contiene la información relativa al consumo de energía (kWh) en cada una de las operaciones de recarga eléctrica realizadas en las estaciones ubicadas en la red de aparcamientos de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid, que gestiona desde el 21 de marzo de 2018 e incluidas en el sistema Electro – EMT. Los resultados se presentan por fecha y hora de inicio de la operación.

12.5.2 Período de referencia.

El período de tiempo analizado es el comprendido entre el 21 de marzo de 2018, inicio del servicio y el 19 de marzo de 2019.

12.5.3 Detalle de la composición del conjunto de datos.

TABLA 62.DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS OBTENIDO POR EMT

Nombre del campo	Descripción
Fecha Inicio	Fecha de inicio de la operación
Hora Inicio	Hora de inicio de la operación
Fecha Final	Fecha final de la operación
Hora Final	Hora final de la operación
Punto Carga	Identificación del punto de recarga
Base	Denominación de la instalación a la que corresponde el punto de recarga
Localización	Datos de localización de la instalación a la que corresponde el punto de recarga
Lugar	Ubicación del punto de
Conector	Tipo de conector utilizado en la operación (velocidad de recarga)
Consumo (kWh)	Consumo realizado en la operación de recarga eléctrica en kWh

Según aparecen los datos en el archivo Excel original, fue necesario agrupar los consumos de cada base por separado, ya que en el archivo original se encontraban todos concatenados. Así pues, más adelante, se procedió a acotar los consumos de cada base por meses, consiguiendo un listado anual individual de cada una de ellas.

12.6 Análisis de los consumos de energía eléctrica de las bases.

Se ejecutará un orden de análisis en función de las bases más utilizadas por los usuarios, siendo Colón la que encabeza esta lista. Los datos recogidos abarcan el periodo comprendido entre el 21/03/2018 hasta el 19/03/2019. Los datos de consumo de la base de Portugal no se encontraban disponibles.

12.6.1 Consumo de energía eléctrica en la base de Colón.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 63.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE COLÓN

Número de veces que ha sido utilizada	3401
Consumo total (kWh)	27858
Consumo medio (kWh)	1766
Consumo máximo (kWh)	5249
Consumo mínimo (kWh)	296

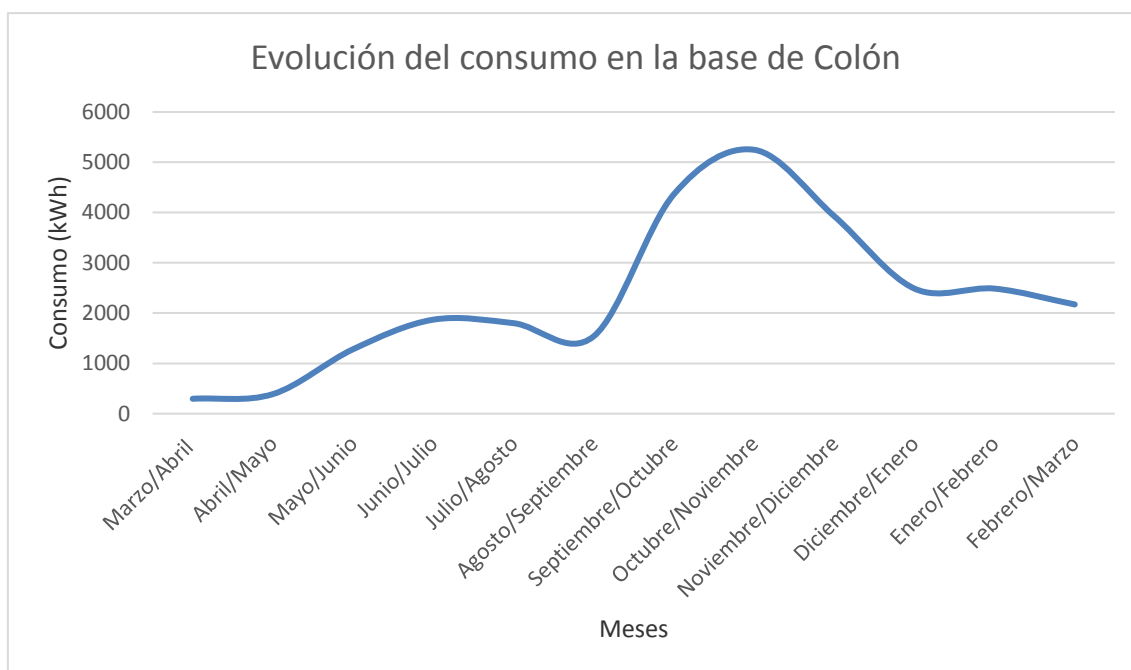


Fig. 92.Evolución del consumo anual en la base de Colón

Tal y como se puede apreciar en el gráfico, la punta de consumo se produce entre octubre y noviembre de 2018, manteniéndose estable desde diciembre de 2018 a marzo de 2019.

12.6.2 Consumo de energía eléctrica en la base de Recuerdo.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 64.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE VIRGEN DEL RECUERDO

Número de veces que ha sido utilizada la base	281
Consumo total (kWh)	2774
Consumo medio (kWh)	231
Consumo máximo (kWh)	573
Consumo mínimo (kWh)	0



Fig. 93.Evolución del consumo anual en la base de Recuerdo

Tal y como se puede apreciar en el gráfico, la punta de consumo se produce entre diciembre de 2018 y enero de 2019, produciéndose un mínimo absoluto entre los meses de julio, agosto y septiembre de 2018.

12.6.3 Consumo de energía eléctrica en la base de Salamanca.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 65.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE SALAMANCA

Número de veces que ha sido utilizada la base	182
Consumo total (kWh)	2062
Consumo medio (kWh)	135
Consumo máximo (kWh)	333
Consumo mínimo (kWh)	15

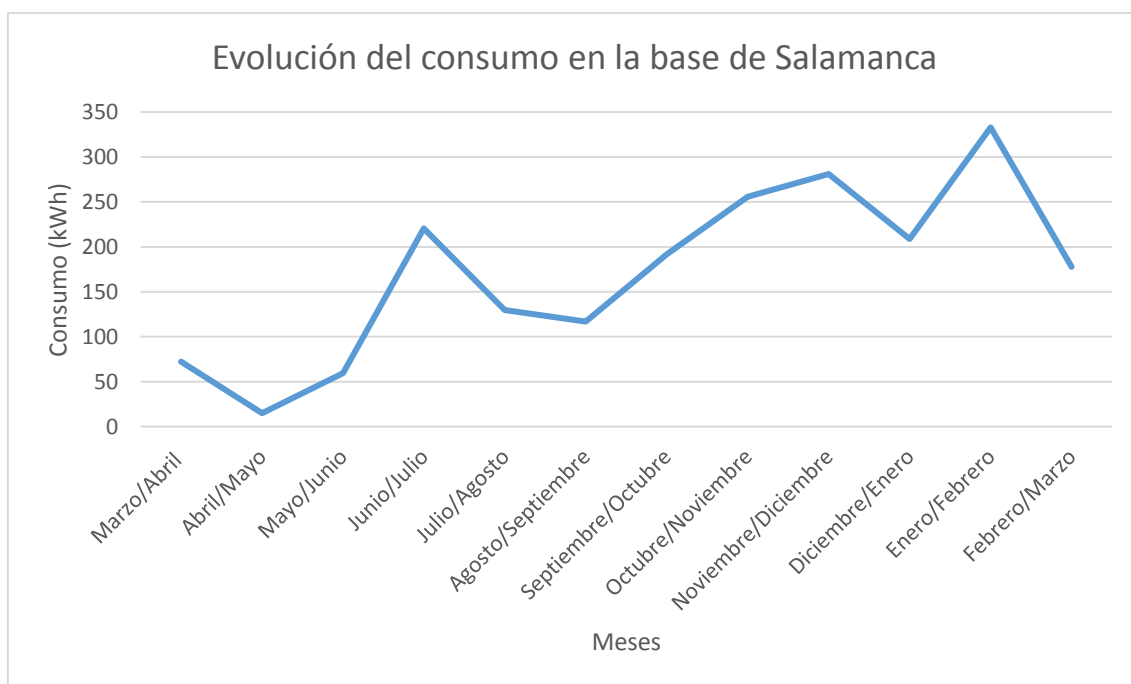


Fig. 94.Evolución del consumo anual en la base de Salamanca

Tal y como se puede apreciar en el gráfico, la punta de consumo se produce entre enero y febrero de 2019, no apreciándose ningún otro hecho relevante para esta base.

12.6.4 Consumo de energía eléctrica en la base de Benavente.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 66.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE JACINTO BENAVENTE

Número de veces que ha sido utilizada la base	122
Consumo total (kWh)	1356
Consumo medio (kWh)	80
Consumo máximo (kWh)	352
Consumo mínimo (kWh)	19

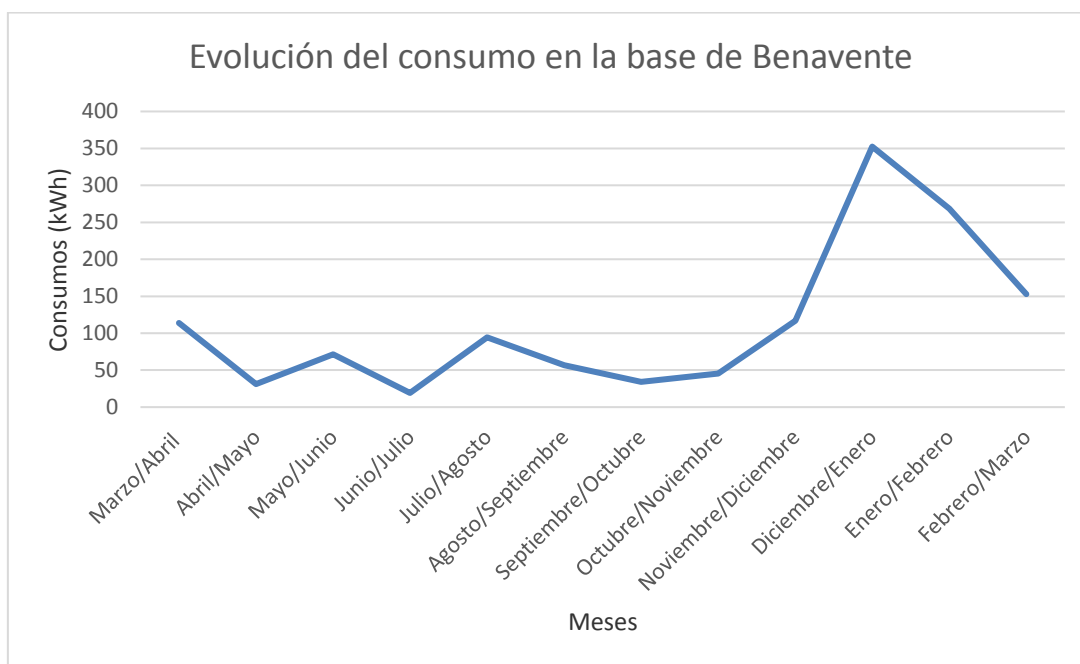


Fig. 95.Evolución del consumo anual en la base de Benavente

Tal y como se puede apreciar en el gráfico, la punta de consumo se produce entre diciembre de 2018 y enero de 2019, siendo más estable entre los meses de septiembre y noviembre de 2018.

12.7 Comparativa entre las diferentes bases.

Una vez ejecutado el análisis de los datos proporcionados por EMT, se procede a comparar la base de Colón con el resto de bases, ya que esta es la más empleada por los usuarios.

Los cálculos que se aparecen a continuación muestran el porcentaje de uso del resto de bases en función de la de Colón (que fue empleada un total de 3401 ocasiones):

La base de **Virgen del Recuerdo** se conoce que ha sido empleada a lo largo de un año un total de 281 ocasiones, por tanto el porcentaje de utilización ha sido:

$$P. \text{utilización} = \frac{\text{Uso Recuerdo}}{\text{Uso Colón}} \cdot 100 \quad (42)$$

$$P. \text{utilización} = \frac{281}{3401} \cdot 100 = 8,26 \%$$

La base de **Marqués de Salamanca** se conoce que ha sido empleada a lo largo de un año un total de 182 ocasiones, por tanto el porcentaje de utilización ha sido:

$$P. \text{utilización} = \frac{\text{Uso Salamanca}}{\text{Uso Colón}} \cdot 100$$

$$P. \text{utilización} = \frac{182}{3401} \cdot 100 = 5,35 \%$$

La base de **Jacinto Benavente** se conoce que ha sido empleada a lo largo de un año un total de 122 ocasiones, por tanto, el porcentaje de utilización ha sido:

$$P. \text{utilización} = \frac{\text{Uso Benavente}}{\text{Uso Colón}} \cdot 100 \quad (43)$$

$$P. \text{ utilización} = \frac{122}{3401} \cdot 100 = 3,6 \%$$

Los siguientes cálculos muestran cuán superior es el consumo de la base e Colón en relación al resto de bases (cuyo consumo fue de 27858 kWh):

El consumo total de la base de **Virgen del Recuerdo** fue de 2774 kWh, por tanto, comparándolo con el de la base de Colón, se obtiene que:

$$\text{Relación de consumos} = \frac{\text{Consumo Recuerdo}}{\text{Consumo Colón}} \cdot 100 \quad (44)$$

$$\text{Relación de consumos} = \frac{2774}{27858} \cdot 100 = 9,95 \%$$

El consumo total de la base de **Marqués de Salamanca** fue de 2062 kWh, por tanto, comparándolo con el de la base de Colón, se obtiene que:

$$\text{Relación de consumos} = \frac{\text{Consumo Salamanca}}{\text{Consumo Colón}} \cdot 100 \quad (45)$$

$$\text{Relación de consumos} = \frac{2062}{27858} \cdot 100 = 7,40 \%$$

El consumo total de la base de **Jacinto Benavente** fue de 1356 kWh, por tanto, comparándolo con el de la base de Colón, se obtiene que:

$$\text{Relación de consumos} = \frac{\text{Consumo Benavente}}{\text{Consumo Colón}} \cdot 100 \quad (46)$$

$$\text{Relación de consumos} = \frac{1356}{27858} \cdot 100 = 4,87 \%$$

12.7.1 Cálculo del consumo total de las bases.

Y, siendo:

- Consumo Colón = C_1
- Consumo Recuerdo = C_2
- Consumo Salamanca = C_3
- Consumo Benavente = C_4

Se obtiene que el consumo energético total de las bases es:

$$C_{Total} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (47)$$

$$C_{Total} = 27858 + 2774 + 2062 + 1356 = 34050 \text{ kWh}$$

Lo que equivale a **34,05 MWh** de energía eléctrica consumida a lo largo de un año.

Por tanto, resumiendo los anteriores datos enfrentados a los de la base de Colón, se construye la siguiente tabla:

TABLA 67.COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES BASES EN FUNCIÓN DE LA DE COLÓN

	Porcentaje de utilización	Relación de consumos totales
Recuerdo	8,26 %	9,95 %
Salamanca	5,35%	7,40 %
Benavente	3,6 %	4,87%

12.8 Pronósticos de consumos de energía eléctrica para el año 2025.

Tomando como punto de partida el análisis ejecutado en el primer capítulo, donde se calculaba el pronóstico del número de vehículos eléctricos matriculados tanto

en España como en Madrid, se procede, en este capítulo, a calcular cuánto se incrementará el consumo energético de los puntos en el año 2025.

Para ello, se calcula, según la tabla calculada en el capítulo 1, el incremento del número de vehículos en función del año 2018, ya que es el último año del que se tienen datos reales.

TABLA 68.PREVISIÓN DE LAS MATRICULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN
MADRID

Años	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor Real	9278							
Previsión Holt	9029	12862	16448	20034	23620	27207	30793	34379

El incremento porcentual que se producirá se calcula según la expresión:

$$I.P (\%) = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_{n-1}} \cdot 100 \quad (1)$$

Siendo:

$$Y_n = 34379 \text{ vehículos}$$

$$Y_{n-1} = 9278 \text{ vehículos}$$

Luego:

$$I.P (\%) = \frac{34379 - 9278}{9278} \cdot 100 = 270,54$$

De esta forma, se supondrá que este incremento de vehículos eléctricos es uniforme en todas las bases de recarga, incrementándose el consumo energético de las mismas con el mismo porcentaje, es decir, con un 270,54% en el año 2025. Del mismo modo, se supondrá que el número de veces que se incrementa el uso de cada base crece en un 270,54%

12.8.1 Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Colón para el año 2025.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 69.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE COLÓN EN EL PRONÓSTICO PARA 2025

Número de veces que ha sido utilizada	12602
Consumo total (kWh)	103223
Consumo medio (kWh)	6544
Consumo máximo (kWh)	19448
Consumo mínimo (kWh)	1097

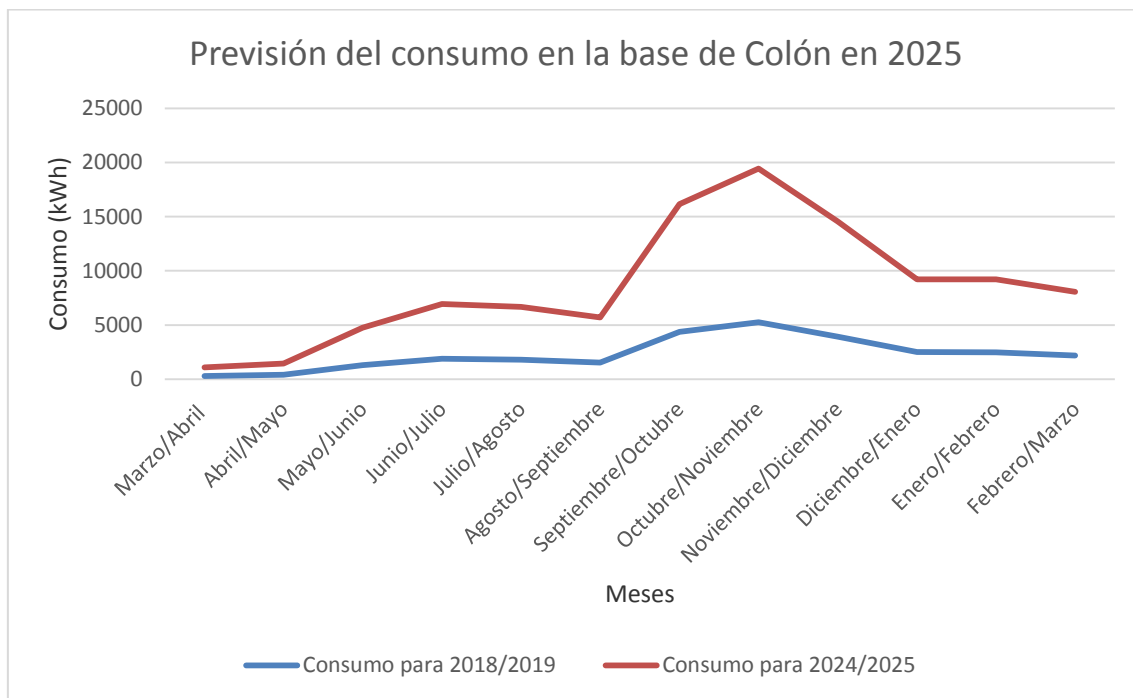


Fig. 96.Evolución del consumo anual en la base de Colón para el año 2025

12.8.2 Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Recuerdo para el año 2025.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 70.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE VIRGEN DEL RECUERDO EN EL PRONÓSTICO PARA 2025

Número de veces que ha sido utilizada la base	1042
Consumo total (kWh)	10277
Consumo medio (kWh)	856
Consumo máximo (kWh)	2121
Consumo mínimo (kWh)	0

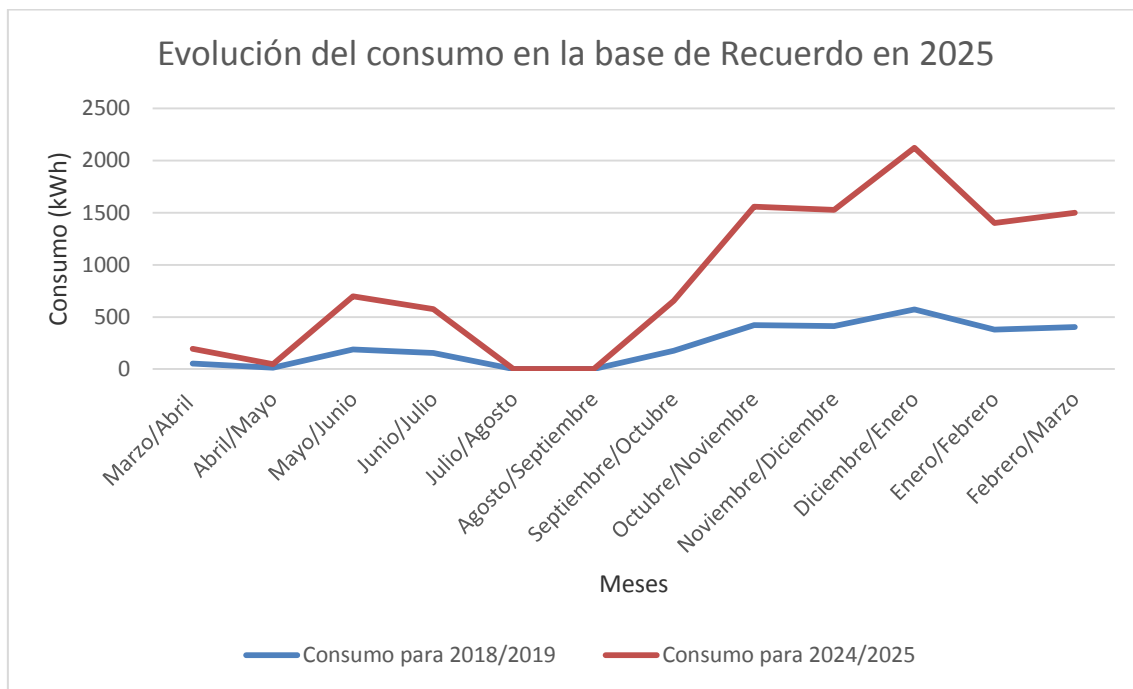


Fig. 97.Evolución del consumo anual en la base de Recuerdo para el año 2025

12.8.3 Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Salamanca para el año 2025.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 71.DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE SALAMANCA EN EL PRONÓSTICO PARA 2025

Número de veces que ha sido utilizada la base	675
Consumo total (kWh)	7639
Consumo medio (kWh)	500
Consumo máximo (kWh)	1233
Consumo mínimo (kWh)	55

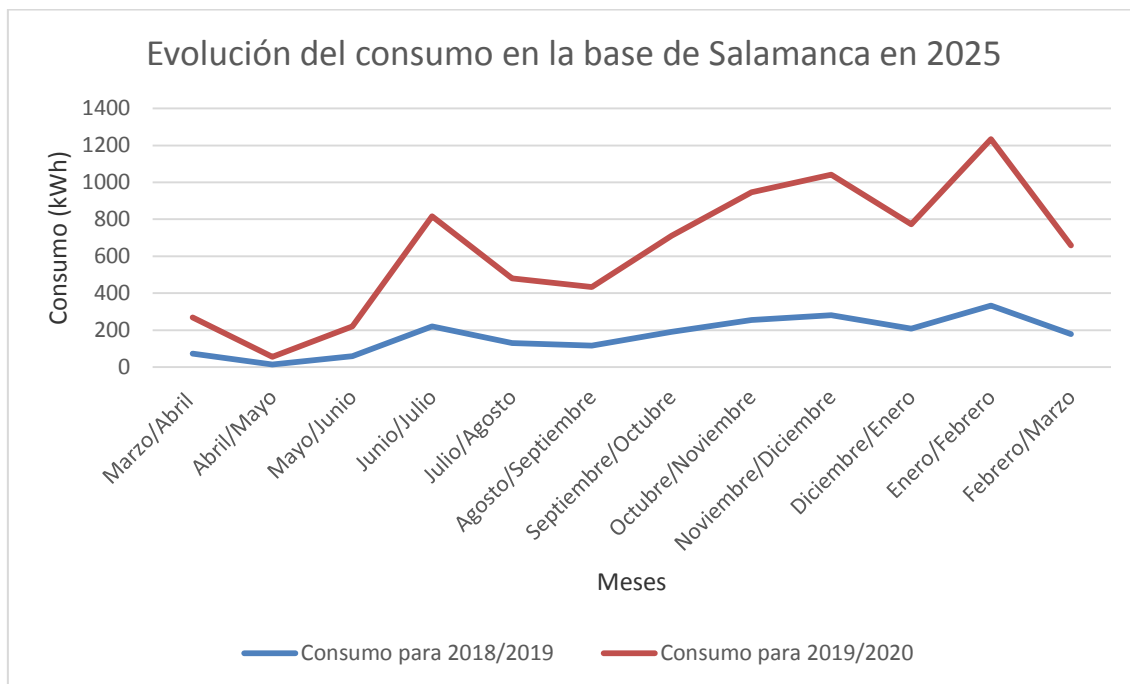


Fig. 98. Evolución del consumo anual en la base de Salamanca para el año 2025

12.8.4 Pronóstico de consumo de energía eléctrica de la base de Benavente para el año 2025.

A continuación, se muestran los datos recogidos durante un año:

TABLA 72. DATOS MÁS RELEVANTES RECOGIDOS EN LA BASE DE JACINTO BENAVENTE EN EL PRONÓSTICO PARA 2025

Número de veces que ha sido utilizada la base	452
Consumo total (kWh)	50261
Consumo medio (kWh)	296
Consumo máximo (kWh)	1306
Consumo mínimo (kWh)	71

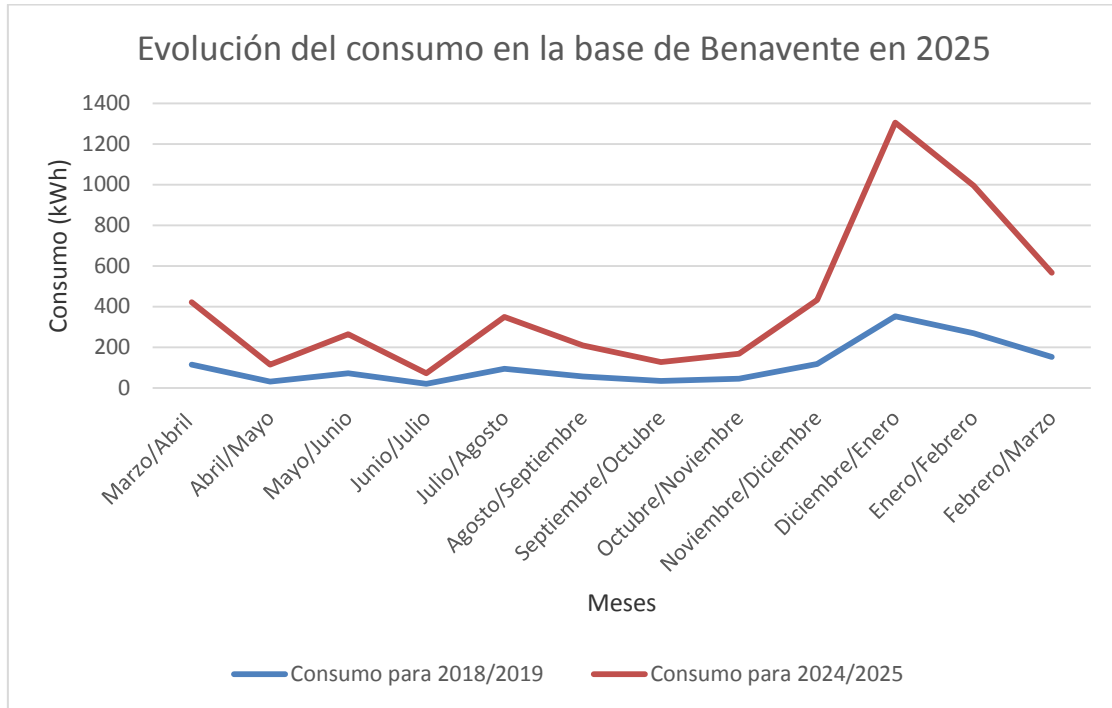


Fig. 99. Evolución del consumo anual en la base de Benavente para el año 2025

12.8.5 Cálculo del consumo total de las bases según el pronóstico para el año 2025.

Y, siendo:

- Consumo Colón = C_1'
- Consumo Recuerdo = C_2'
- Consumo Salamanca = C_3'
- Consumo Benavente = C_4'

Se obtiene que el consumo energético total de las bases es:

$$C_{Total}' = C_1' + C_2' + C_3' + C_4' \quad (48)$$

$$C_{Total}' = 103223 + 10277 + 7639 + 5026 = 126165 \text{ kWh}$$

Lo que equivale a **126,17 MWh** de energía eléctrica consumida a lo largo del año.

A la vista de los resultados obtenidos, las instalaciones eléctricas de la ciudad de Madrid deberán reforzarse repotenciando centros de transformación o nuevos transformadores que puedan suministrar la potencia requerida para la recarga de la batería de los vehículos eléctricos en los años venideros.

13 CONCLUSIONES

Tras haber examinado de manera exhaustiva el nivel de desarrollo actual de los sistemas de recarga de la batería de los vehículos eléctricos, se puede afirmar que el horizonte de tiempo para la implantación uniforme y definitiva de este medio de transporte es amplio.

Actualmente, el número de usuarios de vehículos de combustión, tanto gasóleo como gasolina, superan los veinte millones; mientras que los usuarios de vehículos eléctricos puros apenas superan los veinticinco mil. Las barreras económicas para adquirir este tipo de vehículos son, por el momento, infranqueables por la mayor parte de los españoles: la relación autonomía – precio de los vehículos eléctricos es pésima. Los costes derivados de la implantación de infraestructuras de recarga rápida solamente son asumibles por empresas o instituciones que dispongan del enorme capital necesario para ello. Así pues, un gran porcentaje de la población posee viviendas que se encuentran en bloques de edificios, lo que da lugar a numerosos hándicaps. El primero de ellos es que muchos de estos edificios no poseen garaje, por lo que estacionan sus vehículos en plena calle, con el consiguiente problema de sobreexplotación de las electrolineras. En segundo lugar, la mayoría de los bloques que sí poseen garaje no disponen del grado de electrificación suficiente en su infraestructura eléctrica; las derramas por parte de la comunidad de propietarios serían tan costosas y elevadas que se optaría por no disponer de puntos de recarga rápida. De esta forma, si el coste de los vehículos eléctricos se abarata y la autonomía de las baterías aumenta, resultaría imposible, según las anteriores líneas, poder recargarlo en su totalidad en los garajes particulares.

En España se dispone de una instrucción técnica, la ITC – BT – 52, que normaliza la instalación de puntos de recarga. Pese a ello, la mayor parte de la iniciativa de impulso a este tipo de movilidad ecológica es llevada a efecto por empresas privadas; lo cual implica una tediosa labor de búsqueda de acceso a los planes y detalles técnicos de desarrollo de redes de recarga a lo largo del país, ya que esta información es compartida con el público en general de manera sesgada. Además, cada vehículo puede disponer de un tipo de conector determinado y podrá ser recargado a una potencia máxima, lo cual implica que no podrán hacer uso de determinados puntos de recarga a consecuencia de sus limitaciones constructivas.



El análisis de las bases de recarga pública de EMT en la ciudad de Madrid deriva en la reflexión del importante aumento de consumo de energía eléctrica y del elevado uso de algunas de estas bases. Si el número de centrales que abastecen de energía a la población se mantienen uniformes en el tiempo y el consumo derivado de los vehículos eléctricos continúa aumentando, el coste de esa energía también aumentará, ya que la producción será mayor y habrá de disponer de mayor energía primaria para quemar en las centrales. Será necesario repotenciar los puntos débiles de la red ante el aumento de potencia derivado de la recarga de las baterías.

Teniendo en cuenta que la vida útil media de un vehículo de combustión es de aproximadamente diez años, y que el número de matriculaciones no ha dejado de crecer en la última década, el escenario de una movilidad completamente eléctrica resulta harto difícil a corto plazo. El sendero hacia la realidad de cero emisiones en transporte se plantea utópico a fecha actual.

14 BIBLIOGRAFÍA

[1]“Observatorio Tecnológico de la Energía,” 2012. [Online]. Available: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Movilidad_Electrica_ACC_c603f868.pdf

[2] “Guía del vehículo eléctrico II,” Madrid, 2015.

[3]“Producción de vehículos en España.” [Online]. Available: <http://www.anfac.com/estadisticas.action>

[4]“Comparison of the specific energy density.” [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-the-specific-energy-density-of-some-representative-types-of_fig6_308746501

[5]“La batería ideal para tu vehículo eléctrico.” [Online]. Available: <https://www.alke.eu/es/bateria-vehiculo-electrico>

[6] “Espuma de níquel. Un material barato que mejora las baterías de litio-aire,” 2014. [Online]. Available: <https://forococheselectricos.com/2014/05/espuma-de-niquel-un-material-barato-que-mejora-las-baterias-de-litio-aire.html>

[7] “Litio-aire el nuevo secreto de las futuras baterías para coches eléctricos.” [Online]. Available: <https://www.actualidadmotor.com/litio-aire-futuras-baterias-coches-electricos/>

[8] “Una nueva batería ofrecerá 700 kilómetros de autonomía con 1 kg de aluminio,” 2018. [Online]. Available: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/nueva-bateria-ofrecera-700-kilometros-autonomia-1-kg-aluminio/20180920124117021939.html>

[9]“Portal estadístico DGT.” [Online]. Available: https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB_IEST_CONSULTA/informePredefinidoCaptcha.faces

[10]“Baterías de Ni - MH.” [Online]. Available: https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas_de_Ni-MH

[11]“Coche Eléctrico,” 2017. [Online]. Available: http://www.aficionadosalamecanica.com/coche-electrico_bateria.htm

[12]“Baterías Panasonic,” 2013. [Online]. Available: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2013/02/09/panasonic-apuesta-por-baterias-nimh-en-sistemas-startstop-a-solo-12-voltios/>

[13]GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: INSTALACIONES INTERIORESINSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDASNÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS. GUÍA BT-25. 2012.

[14]“Guía de Infraestructuras de Carga de Vehículos Eléctricos,” Málaga, 2017.

[15]*Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos», del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo.* 2014.

[16]“Hyundai Introduces New Engine in Ioniq, Niro Hybrids,” 2017. [Online]. Available: <https://www.wardsauto.com/engines/hyundai-introduces-new-engine-ioniq-niro-hybrids>

[17]“Conectores para la recarga del vehículo eléctrico .” [Online]. Available: <http://electromovilidad.net/conectores-para-la-recarga-del-vehiculo-electrico/>

[18]“Recarga del vehículo eléctrico.” [Online]. Available: http://www.faen.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf

[19]“INSTALACIONES DE PUNTOS DE RECARGA V.E.” [Online]. Available: <https://www.koneqta.com/proyectos-o-estudios/instalaciones-veh%C3%ADculo-electrico/>

[20]INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA. ITC - BT -28.

[21]*Guía técnica de aplicación de la ITC-BT 52. INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES: INFRAESTRUCTURA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.* 2017.

[22]“Estación de recarga rápida exterior con triple toma.” [Online]. Available: http://circuitor.es/docs/FT_RVE-Raption50_ES.pdf

[23]“Cargador Coche Eléctrico 7,4 kW Modo 3 + Cable Tipo 2 Mennekes .” [Online]. Available: https://www.efectoled.com/es/comprar-cargadores-coche-electrico/15910-cargador-coche-electrico-74-kw-modo-3-cable-tipo-2-mennekes.html?gclid=EAiaIQobChMIu5LOmYLP4QIVrrztCh2BMQvAEAQYASABEgKtk_D_BwE

[24]“electromaps borderless charging.” [Online]. Available: <https://www.electromaps.com/mapa>

[25]P. Arsuaga Chabot, *Vehículos eléctricos y redes para su recarga*. Ra - Ma, 2010.

[26]“Hoy debuta Emov en Madrid: así funciona el servicio de carsharing que compite con Car2Go,” 2016. [Online]. Available: <https://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/8035287/12/16/Economia-Motor-Emov-Eysa-y-PSA-lanza-un-nuevo-servicio-de-car-sharing-en-Madrid-con-500-vehiculos-electricos.html>

[27]*GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN PRESCRIPCIONES PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN. GUÍA -BT- 29*. 2015.

[28]*GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES. GUÍA -BT-30*. 2009.

[29]“¿Qué es una electrolinera?” [Online]. Available: <https://www.cargacar.com/noticias/que-es-una-electrolinera/>

[30]*INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES. ITC-BT-23*.

[31]*GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: PROTECCIÓN DE INSTALACIONES INTERIORES PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES. GUÍA BT-23*. 2012.

[32]“General schematic for level 3 charging,” 2011. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/General-schematic-for-level-3-charging_fig6_252050972

[33]UNE-EN 60947-2:2018. *Aparamenta de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos*. 2018.

[34]“Electrolinera.” [Online]. Available: <https://15mpedia.org/wiki/Electrolinera>

[35]“GUÍA DE MOVILIDAD ELÉCTRICA PARA LAS ENTIDADES LOCALES,” 2019.

[36]“Estación de carga rápida con doble conector CHAdeMO y CCS, la apuesta de ABB,” 2013. [Online]. Available: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2013/02/14/estacion-de-carga-rapida-con-doble-conector-chademo-y-ccs-la-apuesta-de-abb/>

[37]UNE-EN 61009-1:2013. *Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, con dispositivo de protección contra sobreintensidades incorporado, para usos domésticos y análogos (AD). Parte 1: Reglas generales*. 2013.

[38]N. Jiao, “Second-life Electric Vehicle Batteries 2019-2029,” 2018. [Online]. Available: <https://www.idtechex.com/zh/research-report/second-life-electric-vehicle-batteries-2019-2029/626>

[39]“Modos de carga.” [Online]. Available: <https://www.ibil.es/index.php/es/component/k2/itemlist/category/57-modos-de-carga>

[40]INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES. ITC-BT-30.

[41]“Cajas de recarga para interiores.” [Online]. Available: http://circutor.es/docs/FT_RVE-WB_SP.pdf

[42]“Modos y tipos de carga de un vehículo eléctrico,” 2018. [Online]. Available: <https://movilidadelectrica.com/modos-y-tipos-de-carga-de-un-vehiculo-electrico/>

[43]“Toyota C-HR Hybrid Active (2016-2018).” [Online]. Available: <https://www.km77.com/coches/toyota/c-hr/2017/estandar/active/c-hr-hybrid-active/datos>

[44]“Recarga inductiva y dinámica para coches eléctricos bajo el asfalto de las carreteras,” 2018. [Online]. Available: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/recarga-inductiva-dinamica-asfalto-carreteras/20180911123808021685.html>

[45]“Puntos de Recarga de vehículos eléctricos de acceso público.” [Online]. Available: <https://datos.madrid.es/portal/site/egob/menuitem.c05c1f754a33a9fbe4b2e4b284f1a5a0/?vgnextoid=4a29c987781b8410VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD>.

[46]*INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS. ITC - BT - 25.*

[47]*PREVISIÓN DE CARGAS PARA SUMINISTROS ENBAJA TENSIÓN. ITC - BT- 10.*

[48]“Tipos de conectores, tipos de recarga y modos de carga,” 2012. [Online]. Available: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/tipos-de-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga>

[49]*UNE-EN 60898-1:2004. Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.* 2004.

[50]“¿Qué hacemos con 100 GWh de baterías de coches eléctricos usadas?,” 2018. [Online]. Available: <https://forococheselectricos.com/2018/09/que-hacemos-con-100-gwh-de-baterias-coches-electricos-usadas.html>

[51]“Baterías de sal fundida.” [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_sal_fundida

[52]“CIRCUTOR instala puntos de recarga para el rally 80edays ,” 2016. [Online]. Available: <http://electromovilidad.net/circutor-instala-puntos-de-recarga-para-el-rally-80edays/>

[53]*GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: INSTALACIONES DE ENLACE PREVISIÓN DE CARGAS PARA SUMINISTROS EN BAJA TENSIÓN. GUÍA ITC - BT -10.* 2003.

[54]“Equipo de recarga rápida exterior Combo & CHADEMO.” [Online]. Available: http://circutor.es/docs/FT_RVE-QPC_SP.pdf

[55]“Opel Ampera, a fondo (parte 1),” 2012. [Online]. Available: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/opel-ampera-a-fondo-parte-1>

[56]UNE-EN 50470-1:2007. *Equipos de medida de la energía eléctrica (c.a.). Parte 1: Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo. Equipos de medida (índices de clase A, B y C).* 2007.

[57]Real Decreto 710/2015, de 24 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos. 2015.

[58]“Ionty instalará 100 puntos de recarga ultrarrápida en España y Portugal,” 2018. [Online]. Available: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/ionity-instalara-100-puntos-recarga-ultrarrapida-espana-portugal/20180723133842020629.html>

[59]UNE-HD 60364-7-722:2016. *Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-722: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Suministro del vehículo eléctrico.* 2016

[60]“Tipos de vehículos eléctricos.” [Online]. Available: <https://www.ibil.es/index.php/es/movilidad-electrica/el-vehiculo-electrico/vehiculos-electricos>

[61]“Estos son los coches eléctricos con mayor batería (y los que están por llegar),” 2018. [Online]. Available: <https://www.xataka.com/vehiculos/estos-coches-electricos-mayor-bateria-que-estan-llegar>

[62]“Modos de recarga del vehículo eléctrico .” [Online]. Available: <http://electromovilidad.net/modos-de-recarga-del-vehiculo-electrico/>

[63]UNE-EN 50160:2011/A1:2015. *Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.* 2015.

[64]“Hyundai Kona 1.6 T-GDI 130 kW (177 CV) 4x4 DCT Tecno (2017-2018).”

[Online]. Available:

<https://www.km77.com/coches/hyundai/kona/2018/estandar/tecno/kona-16-t-gdi-130-kw-177-cv-4x4-dct-tecno/datos>



[65]“Hyundai Kona Eléctrico (2018) .” [Online]. Available:
<https://www.km77.com/coches/hyundai/kona/2018/estandar/electrico/informacion>

[66]“Guía de Infraestructuras de Carga de Vehículos Eléctricos,” Málaga.

15 ANEXO

A1. Resolución de solicitud de acceso a información pública



D. Alejandro Cascos Leal

28912 – LEGANÉS - MADRID

Asunto: Resolución de solicitud de acceso a información pública **Expediente 213/2019/00338.** (Expediente de origen 213/2019/00279).

Con fecha 27/02/2019, y número de anotación 2019/0225243 ha tenido entrada en el registro del Ayuntamiento de Madrid una solicitud de acceso a la información pública presentada por usted con el siguiente texto:

"Solicito información sobre el consumo energético (kWh) de la red de recarga en vía pública y la red de recarga rápida de acceso público, incluyendo los puntos de recarga EMT. Es decir, los datos que proporcionarían los contadores inteligentes de esos puntos.

Motivo (opcional):

Soy alumno de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Carlos III de Madrid. Estoy elaborando un TFG acerca de la infraestructura de carga de los vehículos eléctricos. Necesito datos de consumo energético (kWh) de los puntos de la red de recarga para poder hacer estimaciones de cara al futuro y previsiones. He consultado el portal de datos abiertos del Ayuntamiento y no encontré datos. Espero puedan ayudarme."

Tras el análisis efectuado de su solicitud, de acuerdo con lo previsto en la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno,

RESUELVO

ESTIMAR su solicitud de acceso a la información pública que dio lugar al expediente 213/2019/00237, y con objeto de dar contestación a la misma, en la parte que es competencia de esta Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A., adjuntamos dos ficheros, uno con formato Excel y otro con formato CSV. Ambos ficheros contienen el mismo conjunto de datos y únicamente se diferencian en su formato. También se adjunta un PDF con la descripción del conjunto de datos incluidos en los ficheros anteriores. La información tratada corresponde al periodo comprendido entre el 21 de marzo de 2018, fecha de inicio de la gestión por EMT de las estaciones de recarga eléctrica que se encuentran en su red de aparcamientos y el 19 de marzo de 2019.

Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A.
Cerro de la Plata, 4 - 28007 Madrid
Tel: +34 91 406 88 00 - Fax: +34 91 406 88 01
secretaria@emtmadrid.es
emtmadrid.es



Contra la presente resolución podrá interponerse, con carácter potestativo, reclamación en el plazo de un mes ante el Consejo de Transparencia y Buen Gobierno, o bien recurso contencioso-administrativo ante los Juzgados de lo Contencioso-Administrativo de Madrid, en el plazo de dos meses, ambos plazos contados a partir del siguiente al de la notificación de esta resolución, todo ello de conformidad con lo dispuesto en los artículos 20.5, 23.1, 24 y disposición adicional cuarta de la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información y buen gobierno.

Madrid, a 25 de marzo de 2019

DIRECTOR GERENTE

Fdo.: Álvaro Fernández Heredia

A2. Descripción del conjunto de datos



DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS

Conjunto de datos

El conjunto de datos contiene la información relativa al consumo de energía (kWh) en cada una de las operaciones de recarga eléctrica realizadas en las estaciones ubicadas en la red de aparcamientos de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid, que gestiona desde el 21 de marzo de 2018 e incluidas en el sistema Electro-EMT. Los resultados se presentan por fecha y hora de inicio de la operación.

Período de referencia

El período de tiempo analizado es el comprendido entre el 21 de marzo de 2018, inicio del servicio y el 19 de marzo de 2019.

Formatos ficheros disponibles

- Consumo_Operaciones_Carga_EMT.XLXS
- Consumo_Operaciones_Carga_EMT.CSV

Detalle de la composición del conjunto de datos

Nombre del campo	Descripción	Formato
Fecha Inicio	Fecha de inicio de la operación	dd/mm/aaaa
Hora Inicio	Hora de inicio de la operación	hh:mm:ss
Fecha Final	Fecha final de la operación	dd/mm/aaaa
Hora Final	Hora final de la operación	hh:mm:ss
Punto Carga	Identificación del punto de recarga	Texto
Base	Denominación de la instalación a la que corresponde el punto de recarga	Texto
Localización	Datos de localización de la instalación a la que corresponde el punto de recarga	Texto
Lugar	Ubicación del punto de recarga	Texto
Conector	Tipo de conector utilizado en la operación (velocidad de recarga)	Texto
Consumo (kWh)	Consumo realizado en la operación de recarga eléctrica en kilovatios por hora	Texto



DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS

Conjunto de datos

El conjunto de datos contiene la información relativa al consumo de energía (kWh) en cada una de las operaciones de recarga eléctrica realizadas en las estaciones ubicadas en la red de aparcamientos de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid, que gestiona desde el 21 de marzo de 2018 e incluidas en el sistema Electro-EMT. Los resultados se presentan por fecha y hora de inicio de la operación.

Período de referencia

El período de tiempo analizado es el comprendido entre el 21 de marzo de 2018, inicio del servicio y el 19 de marzo de 2019.

Formatos ficheros disponibles

- Consumo_Operaciones_Carga_EMT.XLXS
- Consumo_Operaciones_Carga_EMT.CSV

Detalle de la composición del conjunto de datos

Nombre del campo	Descripción	Formato
Fecha Inicio	Fecha de inicio de la operación	dd/mm/aaaa
Hora Inicio	Hora de inicio de la operación	hh:mm:ss
Fecha Final	Fecha final de la operación	dd/mm/aaaa
Hora Final	Hora final de la operación	hh:mm:ss
Punto Carga	Identificación del punto de recarga	Texto
Base	Denominación de la instalación a la que corresponde el punto de recarga	Texto
Localización	Datos de localización de la instalación a la que corresponde el punto de recarga	Texto
Lugar	Ubicación del punto de recarga	Texto
Conector	Tipo de conector utilizado en la operación (velocidad de recarga)	Texto
Consumo (kWh)	Consumo realizado en la operación de recarga eléctrica en kilovatios por hora	Texto



A3. Fichero de datos Excel facilitado por EMT

Consumo_Operaciones_Carga_EMT.xlsx - Excel

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos

Plaza de Colón, s/n

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	FECHA INICIO	HORA INICIO	FECHA FIN	HORA FIN	PUNTO CARGA	BASE	LOCALIZACIÓN	LUGAR	CONECTOR	Consumo				
2	21/03/2018	10:53:03	21/03/2018	11:08:21	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	2,944				
3	21/03/2018	14:15:22	21/03/2018	14:52:50	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	2,243				
4	21/03/2018	14:23:24	21/03/2018	15:19:37	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	MENNEKES, 44 kW	6,912				
5	21/03/2018	14:58:36	21/03/2018	15:55:50	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	MENNEKES, 44 kW	3,512				
6	21/03/2018	19:05:36	21/03/2018	19:29:36	BEN01	Jacinto Benavente	Plaza de Jacinto Benavente, s/n	Aparcamiento	CHAdelMO, 50 kW	4,91				
7	21/03/2018	21:41:47	21/03/2018	21:52:54	BEN01	Jacinto Benavente	Plaza de Jacinto Benavente, s/n	Aparcamiento	CHAdelMO, 50 kW	7,81				
8	22/03/2018	09:32:49	22/03/2018	10:07:02	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	COMBO 2, 50 kW	12,513				
9	22/03/2018	19:45:33	22/03/2018	20:23:11	BEN01	Jacinto Benavente	Plaza de Jacinto Benavente, s/n	Aparcamiento	CHAdelMO, 50 kW	27,08				
10	22/03/2018	20:50:50	22/03/2018	22:02:00	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	MENNEKES, 44 kW	4,074				
11	23/03/2018	11:36:04	23/03/2018	12:10:52	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	5,806				
12	23/03/2018	13:57:10	23/03/2018	14:26:44	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	MENNEKES, 44 kW	2,309				
13	23/03/2018	14:34:40	23/03/2018	14:36:50	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	MENNEKES, 44 kW	0,155				
14	24/03/2018	15:31:05	24/03/2018	16:07:53	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	COMBO 2, 50 kW	13,869				
15	25/03/2018	10:56:15	25/03/2018	11:16:39	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	4,47				
16	26/03/2018	17:00:38	26/03/2018	17:15:19	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	3,654				
17	27/03/2018	13:36:02	27/03/2018	13:48:35	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	COMBO 2, 50 kW	2,727				
18	29/03/2018	02:02:10	29/03/2018	02:23:59	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	4,751				
19	31/03/2018	00:27:44	31/03/2018	01:12:51	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	6,412				
20	31/03/2018	09:34:38	31/03/2018	09:56:17	REC01	Nuestra Señora Recuerdo	Calle de la Hiedra, 26	Aparcamiento	CHAdelMO, 50 kW	13,26				
21	31/03/2018	11:00:49	31/03/2018	11:40:36	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	MENNEKES, 44 kW	2,271				
22	31/03/2018	14:11:28	31/03/2018	14:18:10	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	1,582				
23	01/04/2018	03:12:59	01/04/2018	03:49:23	BEN01	Jacinto Benavente	Plaza de Jacinto Benavente, s/n	Aparcamiento	CHAdelMO, 50 kW	19,12				
24	01/04/2018	14:22:32	01/04/2018	14:40:06	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	12,787				
25	02/04/2018	10:29:32	02/04/2018	11:15:57	COL01	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	MENNEKES, 44 kW	2,659				
26	04/04/2018	18:16:43	04/04/2018	18:53:36	SAL01	Marqués Salamanca	Plaza del Marqués de Salamanca, s/n	Aparcamiento	CHAdelMO, 50 kW	26,57				
27	05/04/2018	14:52:29	05/04/2018	15:07:40	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	COMBO 2, 50 kW	9,093				
28	05/04/2018	15:42:43	05/04/2018	15:59:08	COL02	Colón	Plaza de Colón, s/n	Vía pública	CHAdelMO, 50 kW	12,394				

CONSUMO OPERACIONES CARGA EMT

LISTO